

**Die Aorta des Hanford-Miniaturschweines;
eine Darstellung ihrer Topographie
und ihres histologischen Aufbaues.**

Ortwin Vogel

1975

Aus dem Institut für Tieranatomie
des Fachbereiches Tiermedizin
der Universität München
Lehrstuhl für Makroskopische Anatomie der Tiere
Professor Dr. B. Vollmerhaus

Die Aorta des Hanford-Miniaturschweines;
eine Darstellung ihrer Topographie
und ihres histologischen Aufbaues.

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
des Fachbereiches Tiermedizin der
Ludwig-Maximilians-Universität München

von
Ortwin Vogel
aus
Celle

München 1975

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereiches Tiermedizin
der Universität München

Dekan:	Prof. Dr. B. Vollmerhaus
Referent:	Prof. Dr. B. Vollmerhaus
Korreferent:	Prof. Dr. E. Dahme

Tag der Promotion: 18. Juli 1975



	Seite
I. Einleitung	1
II. Literatur	1
III. Material und Methodik	11
IV. Eigene Befunde	16
A. Makroskopischer Teil	16
1. Lage und Verlauf der Aorta	16
1.1. Innerhalb des Cavum pericardii	16
1.2. Im Spatium mediastini	17
1.3. Hiatus aorticus	18
1.4. Im Cavum abdominale	19
2. Die Wirbelsäule	21
3. Skeletotopie der Aorta	22
3.1. Abstand von der Wirbelsäule	22
3.2. Die dorso-ventrale Projektion	23
4. Die Krümmung der Aorta	24
4.1. Krümmung des Aortenbogens	24
4.2. Krümmung der Aorta descendens	25
5. Länge der Aorta	26
5.1. Durchmesser der Aorta	26
5.2. Wandstärke der Aorta	28
5.3. Befestigung der Aorta	29
5.4. Ductus arteriosus Botalli	30
5.5. Das Ostium aorticum	30
6. Skeletotopie der Aortenabgänge	31
6.1. Herzkranzgefäße	31
6.1.1. A. coronaria sinistra	31
6.1.2. A. coronaria dextra	32
6.2. Arterien aus dem Arcus aortae	32
6.2.1. Truncus brachiocephalicus	32

	Seite
6.2.2. A. subclavia sinistra	33
6.2.3. Truncus bronchooesophagicus	34
6.2.4. Rami oesophagei	34
6.3. Dorsale Segmentarterien	34
6.3.1. Aa. intercostales dorsales	34
6.3.2. Aa. lumbales	36
6.3.3. Skeletotopie der dorsalen Segmentarterien	36
6.4. Ventrale Segmentarterien	38
6.4.1. A. coeliaca	41
6.4.2. A. mesenterica cranialis	41
6.4.3. A. mesenterica caudalis	41
6.5. Laterale Segmentarterien	42
6.5.1. Aa. renales	42
6.5.2. Aa. suprarenales	43
6.5.3. Aa. abdominales craniales (Aa. phrenicoabdominales)	43
6.5.4. Aa. spermaticae internae (Aa. ovaricae, Aa. testiculares)	44
6.5.5. Aa. phrenicae craniales	45
6.5.6. Aa. phrenicae caudales	45
6.6. Aortenendaufteilung	45
6.6.1. Aa. iliacaе externae	46
6.6.2. Aa. iliacaе internae	46
6.6.3. A. sacralis media	47
B. Mikroskopischer Teil	48
7. Bau der Aortenwand	48
7.1. Aorta thoracica	48
7.1.1. Tunica intima	49
7.1.2. Tunica media	49

	Seite
7.1.3. Tunica externa seu adventitia	52
7.1.4. Vasa vasorum	53
7.2. Aorta abdominalis	53
7.2.1. Tunica intima	53
7.2.2. Tunica media	54
7.2.3. Tunica externa	55
7.2.4. Vasa vasorum	56
7.3. Übergangsform	56
7.4. Die entspannte Aorta	57
V. Diskussion	59
VI. Zusammenfassung	66
VII. Summary	68
VIII. Abbildungen	70
IX. Literaturverzeichnis	75

I. Einleitung

Das Schwein besitzt, wie durch zahlreiche Untersuchungen besonders aus jüngerer Zeit bekannt geworden ist, einige morphologische und physiologische Eigenschaften, die mit denen des Menschen durchaus vergleichbar sind. Auch im pathologischen Geschehen wird von Vergleichbarem zwischen Mensch und Schwein berichtet. DAHME (1963) stellt die grundsätzliche Übereinstimmung in den pathologischen Gefäßveränderungen beider Spezies fest. Ähnlich äußern sich MORELAND et. al. (1963) in ihren Untersuchungen über Arteriosklerose beim Miniaturschwein.

Miniaturschweinrassen eignen sich für den Einsatz in der medizinischen Forschung, wie der zusammenfassenden Darstellung "Swine in biomedical research" (BUSTAD et. al., 1966a) zu entnehmen ist. Eine dieser Schweinerassen, das Hanford-Miniaturschwein (BUSTAD et. al., 1966b) diente uns zur Untersuchung.

Zur Beurteilung pathologisch veränderter Organe bedarf es bekanntlich der Kenntnis auch der normalen Topographie sowie des Aufbaues. Deshalb war es meine Aufgabe, die topographische Anatomie als auch den histologischen Bau der Aorta gesunder Hanford-Miniaturschweine zu beschreiben.

II. Literatur

Einen vergleichenden allgemeinen Überblick über Lage und Verlauf der Aorta gibt ZIETZSCHMANN (1943). Danach verläuft beim Hausschwein die aus dem Ostium aorticum entspringende Aorta ascendens zunächst nach kranial und dorsal, beschreibt dann den kranio-dorsal konvexen Aortenbogen und zieht

schließlich, links der Medianen gelegen, als Aorta descendens ventral der Wirbelsäule, die sie in Höhe des 6. Brustwirbels erreicht, nach kaudal. Der Durchtritt der Aorta durch das Diaphragma teilt diese in den Brust- und Bauchabschnitt. Der Hiatus aorticus liegt nach den Untersuchungen von KÄHLER (1960) beim Hausschwein in Höhe des 12. Interkostalraumes. Die Aorta abdominalis teilt sich schließlich in Höhe des vorletzten bis letzten Lendenwirbels in die paarigen Aa. iliacaе externaе und die Aa. iliacaе internaе sowie in die dorsal entspringende unpaare A. sacralis media. Auch über Ursprung und Verlauf der Aortenabgänge des Schweines macht ZIETZSCHMANN (1943) vereinzelte Angaben. Häufiger verweist er, wie auch MARTIN (1923), auf die entsprechenden Verhältnisse beim Pferd. Neuere Untersuchungen ergänzen die Angaben über die Aortenabgänge des Schweines.

So untersuchten KÄHLER (1960) und WISSDORF (1970) die dorsalen Segmentgefäße. Danach entspringen im Gegensatz zu ZIETZSCHMANN (1943), der 10 - 12 Interkostalarterien zählt, 9 - 10, d.h. die 6. - 14. (15.), Interkostalarterienpaare mit je einem gemeinsamen Stamm in Höhe des kaudalen Endes des gleichzähligen Wirbels aus der Dorsalwand der Aorta. Die ersten 4 - 5 Interkostalarterien entstammen demnach nicht der Aorta, sondern Ästen der beiden Arteriae subclaviae. Getrennt voneinander entspringende Arterienpaare können ebenso vorkommen wie ein gemeinsamer Stamm zweier (ZIETZSCHMANN, 1943) oder dreier (KÄHLER, 1960) aufeinanderfolgender Interkostalarterien. Nach BIERMANN (1953) verlaufen diese kaudal ihres zugehörigen Segmentes entspringenden Arterien dorsal der Aorta nach kranial. Von den 6 - 7 vorhandenen Arteriae

lumbales können die ersten 4 - 5 entweder mit einem gemeinsamen Stamm oder aber getrennt voneinander aus der Aorta entspringen (KÄHLER, 1960; WISSDORF, 1970; BICKHARDT, 1961). Die 5. A. lumbalis kann sogar mit der A. sacralis media einen gemeinsamen Ursprungsstamm bilden (WISSDORF, 1970). Die 6. Lumbalarterie, (nach ZIETZSCHMANN, 1943 die 7. Arterie) entspringt immer aus der A. sacralis media (SIEBER, 1903; KÄHLER, 1960; BICKHARDT, 1961; WISSDORF, 1970). Nach SAJITZ (1973) verhalten sich die dorsalen Segmentgefäße des Göttinger Miniaturschweines so, wie sie für das Hausschwein von KÄHLER (1960) beschrieben wurden.

MÜHLENBRUCH (1970) beschreibt die Gefäßversorgung des Herzens beim Göttinger Miniaturschwein. In Übereinstimmung mit ZIETZSCHMANN (1943) findet er die Ursprünge der beiden Koronararterien an der Aortenwurzel hinter der kranialen bzw. linken kaudalen Aortenklappe. Im Gegensatz zu den von RICKERT (1955) beim Hausschwein erhobenen Befunden stellt MÜHLENBRUCH (1970) im Vergleich zur rechten eine stärkere linke Koronararterie fest. Weiter gibt er eine Verlagerung der Herzachse in Abhängigkeit von der Magenfüllung an. Nicht untersucht wurde, ob die Aorta in diese Achsenverlagerung mit einbezogen wird. SMOLLIICH und BERG (1959 und 1960) finden bei ihrer Untersuchung über den Ursprung und die Aufzweigung der Äste des Aortenbogens zwei bzw. drei Aufzweigungsvariationen der aus dem Scheitel des Aortenbogens entspringenden Gefäße.

Den Truncus bronchooesophagicus, der die Aorta kurz hinter dem Ductus arteriosus Botalli außerhalb des Perikards verläßt, beschreibt STEINBRECHER (1942). Der unbedeutende Ramus

oesophagicus dieses Gefäßes versorgt dabei nur den kranial der Bifurkatio tracheae gelegenen Oesophagusabschnitt. Kaudal wird der Oesophagus von eigenen, direkt aus der Aorta stammenden Rami oesophagei versorgt.

Die arterielle Versorgung des Zwerchfells untersucht BIERMANN (1953). Sie gibt an, daß die Aa. phrenicae caudales in der Regel in einem gemeinsamen Stamm aus der A. coeliaca entspringen. Bei getrenntem Ursprung soll eine dieser Arterien in Höhe des Hiatus aorticus direkt aus der Aorta stammen (2 Fälle).

Mit den ventralen Segmentgefäßen der Abdominalaorta be-
fassen sich SIEBER (1903), PAECH (1964), SCHILTSKY (1966) beim Hausschwein und ENGELMANN (1971) beim Göttinger Miniatur-
schwein. Übereinstimmend liegt der Ursprung der A. coeliaca noch im Bereich des Hiatus aorticus in Höhe des letzten bzw. 14. Brustwirbels. Während SIEBER (1903) und PAECH (1964) die A. mesenterica cranialis in Höhe des 2. Lendenwirbels finden, liegt ihr Ursprung bei SCHILTSKY (1966) und ENGELMANN (1971) in Höhe des 1. Lendenwirbels. Die A. mesenterica caudalis wiederum befindet sich mehr oder weniger einheitlich in Höhe des 5. - 6. Lendenwirbels.

Die von SIEBER (1903) erstmals beim Schwein beschriebenen Aa. abdominales craniales (phrenicoabdominales) sind in ihrem Ursprung aus der seitlichen Aortenwand kurz vor den Arteriae renales in Höhe des 3. Lendenwirbels zu finden. BIERMANN (1953) weist darauf hin, daß die beiden rechtwinklig zur Aorta verlaufenden Gefäße nicht immer auf gleicher Höhe entspringen.

Kurz hinter diesen Gefäßen befinden sich die Ursprünge der

beiden Aa. renales in Höhe des 2. - 3. Lendenwirbels (SIEBER, 1903). Während dieser Autor den Ursprung der linken meistens kranial der rechten Arteria renalis sieht, ist für ZIETZSCHMANN (1943) und KOCH (1970) der Ursprung der rechten Nierenarterie meistens weiter kranial gelagert. Eine bei Mensch, Hund, Rind und Kaninchen mögliche Abweichung des Ursprunges der Aa. renales nach ventral findet BAUER (1968) für das Schwein nicht.

Daß die in der Regel aus den Aa. renales entstammenden Arteriae suprarenales auch aus der Aorta entspringen können, zeigt SCHWARZE (1941).

Während KÄHLER (1960) als Verlaufswinkel der Aa. iliacae externae einen Winkel von 30° feststellt, beträgt dieser nach den Angaben von BICKHARDT (1961) 45° .

SIEBER (1903) gibt an, daß sich die Aorta abdominalis zwischen Hiatus aorticus und Aortenendaufteilung um 3 - 4 mm verjüngt. ZIMMERMANN (1925) untersucht die Stärke, den Umfang und die Wanddicke einiger Arterien, so auch der Aorta. Er stellt einen Rasse- und geschlechtsabhängigen Gefäßdurchmesser fest. Die Arterien des männlichen Tieres sind nach ihm weiter als die des weiblichen.

Eine umfassende Beschreibung des mikroskopischen Baues des Blutgefäßsystems gibt u.a. BENNINGHOFF (1930). Er übernimmt die auf RANVIER (1892) zurückgehende Unterteilung des arteriellen Systems in Arterien vom muskulären und solche vom elastischen Typ, je nach Vorherrschen der muskulären oder elastischen Bauelemente. Zu den elastischen Arterien, die sich gegenüber den steiferen und rötlichen muskulären Arterien durch eine außerordentlich hohe Zugelastizität und

eine gelbliche Farbe auszeichnen, gehört neben anderen insbesondere die Aorta. Charakteristisch für die elastischen Arterien ist gegenüber den muskulären Arterien die undeutliche Schichtung in die Tunicae intima, media und externa sowie das Fehlen einer Lamina elastica interna. Ein weiteres Charakteristikum der Aorta ist das starke elastische Gerüstwerk der Media, das aus etwa 50 elastischen Membranen in konzentrischer Schichtung um das Aortenlumen besteht. Eine Einzelmembran soll dabei entweder eine gefensterte Lamelle sein oder aus einer homogenen elastischen Platte mit ein- oder aufgelagerten Fasern oder aus einem Fasernetz bestehen. Zwischen den einzelnen elastischen Membranen liegen Muskelschichten, die zwei benachbarte Membranen miteinander verbinden und den Spannungszustand der elastischen Gefäßwand verändern können (BENNINGHOFF, 1927). Sowohl die elastischen Fasern als auch die Muskelzellen bilden in ihrem Verlauf wechselseitig sich überkreuzende Spiralen. Die Intima, stärker als in muskulären Arterien, besteht aus einer kollagenen Bindegewebsschicht mit elastischen Fasern und einer das Lumen begrenzenden Endothelzellschicht. Die Tunica intima geht ohne besondere Grenze in die Tunica media über. Auch die Adventitia ist schwach ausgebildet und besteht aus lockerem kollagenen Bindegewebe mit wenigen elastischen Strukturen.

Diese Darstellung BENNINGHOFFS (1930) findet sich auch in den neueren anatomischen und histologischen Lehrbüchern KRÖLLING-GRAU, 1960; BENNINGHOFF-GOERTTLER, 1967; BARGMANN, 1967; GRAU-WALTER, 1967; BLOOM-FAWCETT, 1968; STÖHR-von MÜLLENDORFF-GOERTTLER, 1969; BUCHER, 1970. Lediglich

BARGMANN (1967) weist ergänzend auf die mögliche Schichtung der elastischen Einzelmembran aus zwei voneinander getrennten Faserpackungen hin.

Der so beschriebene Aortenwandbau betrifft insbesondere den thorakalen Bereich des Gefäßes. Eine Änderung des Aortenbaues im Bereich der Aorta abdominalis wird von BENNINGHOFF (1930) unter Bezug auf die Untersuchungen von SATO (1926) angedeutet. Eine solche Änderung beschreiben hingegen eingehend BÄRNER (1905) für das Pferd und ROSSMÜLLER (1906) für das Rind. Übereinstimmend nimmt dabei das elastische Gewebe im Bereich des Hiatus aorticus stark ab und das Muskelgewebe an Masse zu, so daß die Aorta abdominalis schließlich einen muskulären Gefäßtyp annimmt. Im Gegensatz dazu ist nach FÖLSTER (1919) die Aorta abdominalis des Hundes eindeutig den Arterien des elastischen Typs zuzuordnen. Ähnlich äußert sich HÜRTHLE (1920). Nach WOLINSKY und GLAGOV (1969) ist die Struktur bei der Aortenabschnitte bei den verschiedenen untersuchten Tieren im wesentlichen identisch. Die Unterschiede in der Dicke der Tunica media und in der Anzahl der Lamellen entsprechen den in beiden Abschnitten verschiedenen Aortendurchmessern.

Ein im kraniokaudalen Aortenverlauf stattfindender Rückgang des elastischen Gewebes und damit eine Änderung der Aortenstruktur wird jedoch von einigen Autoren bestätigt. So finden HARKNESS et. al. (1957), die mit chemischen Methoden den Gehalt verschiedener Arterien des Hundes an kollagenem und elastischem Gewebe untersuchen, daß alle Arterien, mit Ausnahme der kleinsten, einen gleich großen prozentualen Gehalt an beiden Gewebsarten gemeinsam aufweisen. Während jedoch einerseits in der Aorta thoracica der Anteil des elastischen

Gewebes doppelt so hoch ist wie der des kollagenen, ist andererseits das Verhältnis der beiden Gewebsarten zueinander in der Aorta abdominalis und in den übrigen Gefäßen umgekehrt. Somit steht der elastischen Aorta thoracica eine mehr kollagene Aorta abdominalis gegenüber. Zwischen beiden Aortenabschnitten besteht eine 5 cm lange Übergangsstrecke im Bereich des Hiatus aorticus (HARKNESS et. al. 1957). In Übereinstimmung mit diesen Autoren weist BENNINK (1966) einen zunächst ansteigenden Gehalt an elastischem Gewebe im Bereich der Aorta ascendens und des Aortenbogens nach. Im Verlauf der Aorta descendens jedoch nimmt die Menge des elastischen Gewebes wieder deutlich ab. Vom Hiatus aorticus ab zeigt die Aorta abdominalis auch hier nur eine unwesentliche Verringerung des elastischen Materials. Die Muskulatur bleibt im Gegensatz zum elastischen Gewebe in allen untersuchten Aortenabschnitten prozentual gleich stark.

AHMED (1967) berichtet über eine Verminderung des Elastikaanteiles der Aorta des Menschen. Danach ist die Abnahme des elastischen Gewebes im Verlauf der Aorta descendens beim Manne stärker ausgeprägt als bei der Frau.

Die in Blutstromrichtung abnehmende Zahl der elastischen Lamellen der Aortenmedia weisen LAPIN-YAKOVLEVA (1963) für den Rhesusaffen, KATZBERG (1966) beim Pavian und AHMED (1968) bei einigen Halbaffen nach. Ähnliche Feststellungen machen LAING et. al. (1963) beim Schwein ebenso wie HOFMANN (1967) beim Wildschwein bzw. Hausschwein und WOLINSKY und GLAGOV (1968) bei verschiedenen Haussäugetern. Die abnehmende Zahl der elastischen Lamellen entspricht dabei der verringerten Wandstärke (WOLINSKY-GLAGOV, 1968). Eine mit dem Abstand von der

Aortenwurzel fortschreitende Verminderung der Zahl der sogenannten "lamellar units" finden auch BERRY und GERMAIN (1973) bei einigen Primaten sowie DINTO et. al. (1974) bei Seidenäffchen.

Nach MAXIMOW-BLOOM (1948) und BLOOM-FAWCETT (1968) bestehen zwischen den unterschiedlich gebauten Arterien gewisse Übergangsstrecken, die als Arterien vom hybriden- oder Mischtyp bezeichnet werden. MAYEPSBACH (1955) faßt beide Formen des Überganges unter der von ARGAUD (1908) geprägten Bezeichnung "Hybrider Typ" zusammen. In diesen Übergängen ist die Media peripherer Arterien in zwei Schichten angeordnet, innen eine mehr muskulöse und außen eine mehr elastische Schicht. In dem Maß, wie die elastischen Fasern die Media verlassen, nehmen die elastischen Fasern der Adventitia an Menge zu. Seine Angaben beziehen sich nicht auf die Aorta. Ähnliche Verhältnisse in der Struktur der Übergangsstrecke finden BÜSSOW (1973) und BERRY et. al. (1974) in der Aorta descendens der Vögel.

Die Entwicklung der Elektronenmikroskopie führte unter anderem auch zur Untersuchung der Ultrastruktur einzelner Schichten oder der ganzen Aortenwand. So geben SINAPIUS und SCHREIL (1956), BUCK (1958), FLOREY (1959), HACKENSELLNER und DAVID (1961), STILL und O'NEAL (1962) Aufschlüsse über das Aortenendothel bzw. die Intima der Aorta. PEASE und PAUL (1960), KEECH (1960), ROSSNER (1961) untersuchten die Aortenwand der Ratte, KARRER (1960) die von Hühnerembryonen und von MÄUSEN (1961), SEIFERT (1962) die Aorta des Hausschweines und die des Kaninchens (1963). BÜSSOW (1973) beschrieb den Aortenbau bei einigen Vogelarten.

Zusammen mit den älteren und neueren lichtoptisch ermittelten Befunden über den Bau der Aorta (ROSSMÜLLER, 1906; BÄRNER, 1905; BENNINGHOFF, 1930; AHMED, 1967; BERRY et. al., 1973 u.a.) zeigen diese Untersuchungen, abgesehen von einzelnen tierartlichen Besonderheiten, einen gemeinsamen charakteristischen Aufbau. Die Aortenmedia, als die stärkste Wandschicht, besteht aus einer Vielzahl konzentrisch zum Aortenlumen verlaufende elastischer Lamellen mit dazwischen gelegenen kollagenen, elastischen und vor allem Muskelfasern, eingebettet in eine amorphe Grundsubstanz. WOLINSKY-GLAGOV (1967) fassen je eine Lamelle mit dem angrenzenden interlamellären Raum als "lamellar unit" zusammen.

AYER et. al. (1956) weisen mit einer von HASS (1942) angegebenen Methode eine innere Struktur der elastischen Lamellen nach. Basierend auf den Untersuchungen von AYER et. al. (1956) und SEIFERT (1962) kommen JIPP und SEIFERT (1962) sowie JIPP (1972) zu einem von den üblichen Darstellungen elastischer Membranen abweichenden Bild der elastischen Lamellen. Danach wird die elastische Lamelle beim Schwein und auch beim Menschen aus zwei äußeren Lagen, die aus je einem Netz elastischer Fasern mit einander entgegengesetzter Verlaufsrichtung bestehen, und aus einer diese beiden Lagen verbindenden Mittelschicht, die aus kollagenen und elastischen Fasern besteht, zusammengesetzt. HOFMANN (1967) erwähnt ebenfalls eine derartige Schichtung der elastischen Lamellen im Bereich der Aorta thoracica des Wild- bzw. Hausschweines. Nach seinen Angaben werden die Lamellen im Bauchabschnitt jedoch einschichtig. Hingegen sprechen weder FRENCH et. al. (1963) noch LAING et. al. (1963) einen solchen Schichtenbau der

elastischen Lamellen der Schweineaorta an.

Auch bei BOUISSOU (1966) und AHMED (1967) sind keine Angaben über einen Schichtenbau der elastischen Membran in der menschlichen Aortenmedia zu finden. Bis auf BARGMANN (1967) erwähnen auch die neueren Lehrbücher (BENNINGHOFF-GOERTTLER, 1967; GRAU-WALTER, 1967; BLOOM-FAWCETT, 1968; STÖHR-von MÖLLENDORFF-GOERTTLER, 1969 und BUCHER, 1970) den geschichteten Bau einer Lamelle nicht.

MEYER (1958) verweist auf die Schwierigkeit, die tatsächliche intravitale Weite der Blutgefäße sowie ihre Wandstärke zu bestimmen. Die postmortal kollabierten und exenterierten Gefäße zeigen gegenüber solchen Arterien, die unter physiologischem Druck gefüllt und fixiert werden, eine deutliche Verengung des Lumens, sowie Wandverdickung und Verkürzung der intravitalen Gefäßlänge (FUCHS, 1898), so daß das histologische Bild mit den Verhältnissen in vivo nicht vergleichbar ist (FISCHER, 1965). Zu ähnlichen Ergebnissen kommen WOLINSKY und GLAGOV (1963) sowie BUNCE (1965). Die elastischen Membranen weisen eine starke Wellung auf, die interlamellären Zwischenräume sind verbreitert und unregelmäßig. SEIFERT (1962) weist auf die schweren Zerstörungen der Feinstruktur der muskulo-elastischen Systeme solcher Arterien (Aorten) hin.

III. Material und Methodik

Zur Untersuchung kamen insgesamt 15 Hanford-Miniaturschweine, die im Institut für Tierzucht und Tierhygiene (Lehrstuhl für Tierhygiene) der Universität München gezüchtet wurden.⁺⁾ Alter, Geschlecht und Gewicht der Tiere sind in Tabelle 1 festgehalten.

^{+) Herr Prof. Kalich danke ich für die Überlassung der Tiere.}

Hanford-Schwein Nr.	Alter	Gewicht (kg)	Ge- schlecht	Fixierung der Aorta nach Exentera- tion	in situ	Injektion der Aorta mit	Untersuchung der Aorta im makro - histo- logischen Bereich	Verwendung von Farb- stoffen zur Dar- stellung der Vasa vasorum
1	5 Mon.	35	♀	-	Formalin	-	+	-
2	5 Mon.	35	♂	-	Formalin	-	+	-
3	5 Mon.	37	♀	-	Formalin	-	+	-
5	5 Mon.	37	♀	-	Formalin	-	+	-
6	5 Mon.	32	♂	Boulin	-	-	+	-
4	1 3/4 Jahre	134	♂	Formalin 1 : 10	-	-	+	-
7	2 J.	122	♂	-	Formalin	Gelatine	+	† Tusche
15	2 1/4 Jahre	117	♂	-	Formalin	natürli- che Blut- fülle	-	† Evans- Blau
10	5 J.	107	♀	-	Formalin	Gelatine	+	† Tusche
11	5 J.	130	♀	-	Formalin	Gelatine	+	† Tusche
13	5 J.	130,5	♀	-	-	Tensol- cement	+	-
9	5 J.	143	♂	-	Formalin	Gelatine	+	† Tusche
12	5 J.	161	♀	-	-	Tensol- cement	+	-
14	5 J.	178,5	♀	-	Formalin	Milch- eiweiß	-	† Tusche
8	5 J.	182	♂	-	Formalin	Revertex	+	† Tusche

Tabelle I: Material und Methodik

Die Tiere wurden in tiefer Narcoren^R-Narkose durch Spalten der Arteria carotis communis sinistra bzw. dextra oder durch Eröffnen beider Herzkammern an der Herzspitze entblutet.

Für die makroskopische Darstellung der Lage und des Verlaufes der Aorta und ihrer Abgänge in Bezug auf die Wirbelsäule wurden 12 Tiere untersucht. Da nicht alle Tiere gleichartig präpariert werden konnten, beziehen sich die ermittelten Ergebnisse nicht immer auf alle 12 Tiere; ihnen liegen jedoch stets die Werte von mindestens 6 Tieren zugrunde.

4 Hanford-Schweine wurden nach dem Entbluten in einer ihrer natürlichen Haltung entsprechenden Stellung in einem Gestell befestigt und durch Injektion in die A. carotis communis mit Formalin 1:10 perfundiert. Nach Fixierung wurden dann Aorta und Abgänge freipräpariert und ausgemessen.

Für eine genauere Darstellung der Aorta und ihrer Abgänge wurde in zwei Fällen von der Arteria mesenterica cranialis - nach Abbinden der großen Aortenabgänge sowie der Venae pulmonales - die in situ verbliebene Aorta mit rot gefärbtem Tensol-cement^R bis zur guten Füllung injiziert, und, nach Erstarren des Kunststoffes, der Rumpf - nach Abnahme des Kopfes und der Extremitäten - korrodiert.

Zur besseren Erhaltung der Länge und der Längsspannung sowie des Durchmessers bzw. der Ausdehnung der Aorta wurden bei 6 Tieren, nach Entfernen von Kopf, Extremitäten und Baucheingeweiden, die Aorten von einer A. iliaca ext. oder von der A. subclavia sin. aus, nach Ligatur der großen Aortenäste und der Lungenvenen, gefüllt. Als Füllungsmittel kamen in 4 Fällen warme Gelatine und bei je einem Tier Revertex^R und Milcheiweiß zur Verwendung. Zur Sichtbarmachung der Vasa

vasorum war diesen Mitteln Scriptol[®] zugesetzt worden. Nach der Gefäßfüllung wurde der Rumpf mit der in situ verbliebenen Aorta in ein Formalinbad gelegt. Nach der Fixierung wurden die Aorten und ihre Abgänge präpariert und ausgemessen.

Für die histologische Untersuchung sind 11 Aorten herangezogen worden.

Bei einem Tier wurde die Aorta herausgelöst, in 1 cm breite Ringe zerschnitten und in Bouin'scher Lösung fixiert. Bei einem weiteren Tier wurde die Aorta ebenfalls herausgelöst, im ganzen in Formalin fixiert und dann erst in Ringe oder Halbringe zerteilt.

Die übrigen Aorten stammen von den in situ fixierten Tieren, deren Gefäße zum Teil gefüllt, zum Teil nicht gefüllt wurden.

Im Falle der situ-Fixierung ergeben die histologischen Schnitte ein Bild, das der Verteilung der Aortenwandelemente in ihrem natürlichen Zustand ähnlich ist. Demgegenüber sind die Bilder der zwei unfixiert aus dem Körper herausgenommenen Aorten durch die Aufhebung der Längsspannung und Dehnung der Aortenwand verändert und entsprechend dem bei einer pathologischen Untersuchung zutage tretenden Zustandsbild.

Die Aortenringe wurden in Paraplast[®] eingebettet (ROMEIS, 1948) und 5 - 7 μ dick geschnitten. Drei Färbungen kamen zur Anwendung: Hämatoxylin-Eosin-Färbung, Resorcin-Fuchsin-Färbung nach WEIGERT und die Färbung nach GOLDNER (ROMEIS, 1948).

Einem Tier wurde in der Narkose eine Lösung von Evans-Blau in eine Ohrvene injiziert und das Tier nach kurzer Zeit eingeschläfert. Danach wurde in beide Pleuralhöhlen und in die Peritonealhöhle Formalin zur Fixierung der Aorta injiziert und zudem das nicht entblutete Tier in ein Formalinbad gelegt.

Das in den Gefäßen verbliebene, mit dem Farbstoff behaftete Blut sollte durch die Fixierung koagulieren und somit eine Darstellung der feinen Gefäße, bzw. der Gefäßigenversorgung der Aorta ermöglichen.

Eigene Befunde

A Makroskopischer Teil

1. Lage und Verlauf der Aorta

1.1. Innerhalb des Cavum pericardii

Die Aorta des Hanford-Miniaturschweines entspringt mit dem Ostium aorticum aus der linken Herzkammer in Höhe des 3. - 4. Brustwirbels. Innerhalb des Herzbeutels gelegen, steigt die Aorta als Aorta ascendens in Richtung auf die Wirbelsäule nach kranio-dorsal auf, wobei sie anfangs auf ihrer linken Seite mit der Arteria pulmonalis bindegewebig verbunden ist. Auf ihrer rechten Seite wird das Atrium dextrum von der Aortenwand durch den Sinus transversus pericardii getrennt. Die kraniale Wand des Aortenbeginns wird von dem sich nach kranial und links erstreckenden rechten Herzohr bedeckt. Seine kaudale Wand lagert sich dem Atrium sinistrum - ebenfalls getrennt durch den Sinus transversus pericardii - eng an. Innerhalb des Cavum pericardii wird somit die Aorta ascendens von allen Seiten vom visceralen Blatt des Perikardiums überzogen; nur die linke Wand ist durch die Verbindung mit der Arteria pulmonalis in einem umschriebenen Bezirk nicht von Serosa bekleidet. In Höhe des Abganges des Truncus brachiocephalicus ⁺⁾ verläßt die Aorta ascendens den Herzbeutel.

⁺⁾ Die Benennungen der Arterien richten sich nach den NAV
(SCHALLER et al., 1973).

1.2. Im Spatium mediastini

Hier zieht die Aorta als Arcus aortae bogenförmig dorsal und kaudal und geht schließlich in Höhe des 4. - 5. Brustwirbels in die nach kaudal ziehende Pars thoracica der Aorta descendens über. Diese erreicht, hochdorsal im postkardialen Mediastinum gelegen, in Höhe des 13. - 14. Brustwirbels den Hiatus aorticus.

Im kardialen Mediastinum wird die Aorta auf ihrer linken Seitenfläche von Pleura mediastinalis sinistra überzogen, während die rechte Aortenwand durch Oesophagus und Bifurcatio tracheae von der Pleura mediastinalis dextra abgedrängt wird. Auch die vom lockeren Bindegewebe des kardialen Mediastinums umgebene dorsale und ventrale Aortenwand sind nicht von Serosa bedeckt.

Innerhalb des postkardialen Mediastinums überzieht die Pleura mediastinalis sinistra die linke und auch die ventrale Aortenwand. Die rechte Pleura mediastinalis wird hingegen von der Aortenwand zum einen durch Bindegewebe und Organe des Mittelfellspaltes am Übergang vom kardialen zum postkardialen Mediastinum, und zum anderen durch die beiden Serosalamellen des Cavum mediastini serosum (SUSSDORF, 1892) getrennt. Dieser Raum, im postkardialen Mittelfellspalt gelegen, befindet sich rechts und dorsal vom Oesophagus, dessen linke und ventrale Wand er ebenfalls bedecken kann, sowie rechts von der Aorta und ist mit seiner Serosa deren rechten Wand breitflächig angelagert. Die von kranioventral kommende dorsale Umschlaglinie der Serosa des Sussdorfschen Raumes erreicht rechts die ventro-laterale Aortenwand zwischen dem kaudalen Drittel des 7. Brustwirbels und dem kranialen Drittel des 8. Brustwirbels.

Die Umschlaglinie zieht steil über die Aorta zur dorso-lateralen Aortenwand und verläuft an dieser entlang bis zur Höhe der Zwischenwirbelscheibe zwischen dem 14. und 15. Brustwirbel bzw. des kranialen Drittels des 15. Brustwirbels. Hier biegt sie zur ventrolateralen Aortenwand um und erreicht, an dieser nach kranial entlang ziehend, wieder in Höhe des 7. bzw. 8. Brustwirbels (s.o.) den Übergang in die dorsale Umschlagslinie.

Der so rechtsseitig beschriebenen ventrolateralen Ansatzlinie der Serosa des Sussdorfschen Raumes liegt auf der linken Seite die ventrale Ansatzlinie der Pleura mediastinalis sinistra gegenüber. Während diese in Höhe des kaudalen Drittels des 13. Brustwirbels bzw. des kranialen Drittels des 14. Brustwirbels in die Pleura diaphragmatica der linken Pleuralhöhle übergeht, ist der Übergang der entsprechenden Pleuralblätter der rechten Seite stets weiter kaudal gelegen. Der von ihnen gebildete Sinus phrenico-costalis reicht daher bis in Höhe des kaudalen Drittels des 14., bzw. des kranialen Drittels des 15. Brustwirbels, erreicht also bis auf wenige Millimeter die kaudale Ausdehnung des Sussdorfschen Raumes.

1.3. Der Hiatus aorticus

Auch beim Hanford-Miniaturschwein besteht in der Pars lumbalis der Zwerchfellmuskulatur eine Öffnung, durch die hindurch die Aorta aus dem Mediastinum der Brusthöhle in den dorsalen retroperitonealen Raum der Bauchhöhle eintritt. Dieser sog. Hiatus aorticus wird vom linken Zwerchfellpfeiler sowie vom Crus mediale sinistrum des rechten Zwerchfellpfeilers umrahmt. Das Crus mediale dextrum und das Crus laterale dextrum des rechten Zwerchfellpfeilers sind von der

Aortenwand durch den Sussdorfschen Raum getrennt. Der Hiatus beginnt links und ventral in Höhe des mittleren bis kaudalen Drittels des 13., auch in Höhe des kranialen Drittels des 14. Brustwirbels, also in der gleichen Transversalebene, in der der Sinus phrenico-costalis sin. dorsal endet. Hier wird die linke Aortenwand bindegewebig mit den muskulösen Anteilen des Crus laterale sinistrum verbunden. Die linke latero-ventrale Wand wird von dem hier mit dem linken Zwerchfellpfeiler verbundenen Crus mediale sinistrum des rechten Zwerchfellpfeilers bedeckt. Die rechte ventrolaterale sowie die laterale Aortenwand hingegen ist in diesem Anfangsabschnitt des Hiatus überzogen von der Serosa des Cavum mediastini serosum, dessen zwei Serosablätter einerseits das Crus mediale dextrum und andererseits den rechten Sinus phrenico-mediastinalis von der Aortenwand trennen. Die dorsale Aortenwand ist von lockerem Bindegewebe umgeben. Im kaudalen Verlauf tritt die Aorta zwischen dem Crus laterale sin. und dem Crus mediale sinistrum kurz vor der A. coeliaca, beginnend mit ihrer linken ventrolateralen Seite, in den Bauchraum. Dabei bleibt die laterale rechte Aortenwand von der Sussdorfschen Serosa bedeckt. Erst mit Ende des Sussdorfschen Raumes wird die Aortenwand mit dem inzwischen auf die laterale Seite der Aorta gerückten rechten Zwerchfellpfeiler bindegewebig verbunden, wobei beide Pfeiler dorsal der Aorta untereinander und mit dem Ligamentum longitudinale ventrale verschmelzen.

1.4. Im Cavum abdominale

Als Aorta abdominalis verläßt die Hauptschlagader des Körpers, nach und nach deutlicher zwischen den Zwerchfellpfei-

lern hervortretend, eingebettet in lockeres Binde- und Fettgewebe, den Hiatus aorticus. Sie zieht, in einem größeren Abstand von der Wirbelsäule entfernt, als es im Brustbereich der Fall ist, in Richtung auf den letzten bis vorletzten Lendenwirbel. Auf ihrem Weg dorthin verläuft sie retroperitonäal in einer Mulde, die von den inneren Lendenmuskeln gebildet wird. Dabei ist sie in Fettgewebe eingebettet, so daß sie im Regelfall keinen direkten Kontakt mit dem Peritonäum bekommt. In der Höhe des vorletzten bis letzten Lendenwirbels befindet sich dann die Aortenendaufteilung. Darunter versteht man die Abzweigung der beiden Arteriae iliacae externae, den weiter kaudal verlaufenden Reststamm der Aorta und seine Aufzweigung in die beiden Arteriae iliacae internae. Dazu wird auch noch der Abgang der Arteria sacralis media gezählt, die aus der Dorsalwand des Reststammes der Aorta entspringt. Die Aorta abdominalis wird anfangs auf der rechten und dorsalen Wand von der Cisterna chyli und dem daraus entstammenden Ductus thoracicus, sowie ab der Arteria renalis dextra von der kaudalen Hohlvene begleitet. Die Vena cava caudalis, deren einer Ast, die Vena renalis sinister, zuvor die Aorta auf deren ventraler Seite überquert hat, lagert sich bindegewebig an die rechte Aortenwand an und begleitet sie bis zu ihrer eigenen Aufteilung in die beiden Venae iliacae communes, die sich in Höhe des kaudalen Drittels des 4. Lendenwirbels, des kranialen Drittels des 5. Lendenwirbels oder in Höhe der beide Wirbel miteinander verbindenden Zwischenwirbelscheibe befindet.

Kurz vor dem kaudalen Winkel ihrer Aufzweigung schiebt sich die Vena cava caudalis an die dorsolaterale Aortenwand. Die

Venenaufzweigung selbst befindet sich dorsal der Aorta. Die Vena iliaca communis sin. überquert daher die Aorta, die Vena iliaca communis dextra hingegen verbleibt dorsolateral.

2. Die Wirbelsäule

Die zur skeletotopischen Betrachtung der Aorta des Hanford-Miniaturschweines heranzuziehende Brust- und Lendenwirbelsäule besteht in der Regel aus 15 Brustwirbeln und 6 Lendenwirbeln. Zwei der untersuchten 15 Tiere haben nur 14 Brustwirbel, ein weiteres Tier hingegen besitzt 7 Lendenwirbel.

Die Anzahl der den Brustkorb mitbildenden Rippenpaare entspricht meistens der Zahl der Brustwirbel. Es kann jedoch einseitig links oder rechts eine überzählige Rippe vorkommen (2 Fälle), die dann mit dem Körper des ersten Lendenwirbels in dessen Fovea costalis cranialis artikuliert.

Die in der Medianebene des Körpers gelegene Brust- und Lendenwirbelsäule bildet auch bei den in der Rückenlage untersuchten Tieren die sog. Brustlendenkrümmung. Die Brustwirbelsäule steigt innerhalb dieses nach dorsal konvexen Bogens zunächst steil - in einem Winkel von 20° zur Horizontalebene am 3. Brustwirbel - und dann weniger steil - $11,5^{\circ}$ am 10. Brustwirbel und $8,3^{\circ}$ am 12. Brustwirbel - an. (Durchschnittswerte, gemessen an 4 Tieren, Körpergewicht 130 - 182 kg). Im Bereich des 13. - 15. Brustwirbels verflacht der Bogen zunehmend und verläuft hier horizontal. Somit befindet sich der Scheitel der Brust-Lendenkrümmung zwischen den letzten Brustwirbeln. Kaudal dieses Scheitelpunktes fällt die Wirbelsäule nur leicht in einem Winkel von 0° bis $-3,5^{\circ}$, bezogen auf die Horizontalebene, nach kaudal und ventral ab.

3. Skeletotopie der Aorta

Die Aorta begleitet die Kette der Brust- und Lendenwirbelkörper, ohne daß die Richtung des Aortenverlaufes mit der Achse der in der Medianen gelegene Brust- und Lendenwirbelsäule übereinstimmt. Sowohl für den Abstand der Aorta von der Wirbelsäule, als auch für den Abstand der Aorta von der Körpermitte ergeben sich daher bezüglich einzelner Aortenabschnitte die nachfolgend beschriebenen Unterschiede.

3.1. Der Abstand der Aorta von der Wirbelsäule

Der Abstand der Aorta von der Wirbelsäule ist, soweit möglich, immer in Höhe der Zwischenwirbelscheiben gemessen worden, da diese die am stärksten nach ventral vorgewölbten Punkte der Wirbelsäule (Brust- und Lendenwirbelsäule) sind, die Wirbelkörper dagegen eine an ihrer ventralen Fläche dorsal konvexe Einziehung aufweisen.

Das Ostium aorticum als Beginn der Aorta weist in Höhe des 3. - 4. Brustwirbels mit 56 - 65 mm den größten Abstand von der Wirbelsäule auf. Eine Horizontalebene durch das Ostium trifft die flankierenden Rippen in ihrer halben Höhe. Die Aorta ascendens verläuft in etwa gestreckt nach kraniodorsal in Richtung auf den 2. - 3. Brustwirbel zu und entläßt etwa in Höhe des 3. Brustwirbels den Truncus brachiocephalicus. Dessen Ursprungskegel hat einen Abstand von 25 - 46 mm von der Wirbelsäule. Bei nunmehr steilem Verlauf nach dorsal nähert sich die Aorta als Arcus aortae der Wirbelsäule auf 14 - 32 mm, um dann auf den 5. und 6. Brustwirbel zuzulaufen. In Höhe dieser beiden Wirbel hat die Aorta mit 1,9 - 10,2 mm ihren geringsten Abstand von der Wirbelsäule. Von hier bis

zum 11. Brustwirbel ändert sich dieser nur unwesentlich (bis 4,7 mm), so daß die Aorta in diesem Abschnitt zu der Wirbelsäule nahezu parallel verläuft.

Ab dem 11. Brustwirbel vergrößert sich der Abstand wieder, erreicht zwischen dem 15. Brustwirbel und dem 2. Lendenwirbel mit 11,8 - 16,7 mm seine größte Entfernung für die Aorta descendens, und verringert sich ab dem 2. Lendenwirbel bis zur Endaufteilung im Bereich des letzten bzw. vorletzten Lendenwirbels auf eine Entfernung von 5 - 9 mm.

3.2. Die dorso-ventrale Projektion der Aorta auf die Wirbelsäule

Die Achse der Austreibungsbahn der linken Herzkammer zieht von links ventral und kaudal nach rechts dorsal und kranial soweit, daß die Mitte des Ostium aorticum in der Medianen oder aber 3 - 24 mm rechts von der Medianebene gelagert ist. Die Aorta ascendens verläuft nun von diesem Ostium aus in Kraniodorsaler Richtung und beschreibt dabei einen flachen Linksbogen, so daß die Aortenachse dieses Bereiches die Medianebene wieder nach links überquert. Der Arcus aortae setzt diesen Linksbogen fort und zieht nach links und dorsal, bzw. kaudodorsal. Die aus dem Arcus aortae entspringenden Gefäße (Truncus brachiocephalicus und A. subclavia sinistra) sind daher im Ursprung links von der Medianebene gelagert. Am Ende des Arcus aortae, kaudal von der A. subclavia sinistra und in Höhe des 4. - 5. Brustwirbels, erreicht die Aortenachse mit 5 - 12 mm die größte Entfernung von der Medianebene. In diesem Bereich befindet sich die Aorta mit ihrem ganzen Durchmesser links von der Medianen. Mit dem Ende des Arcus aortae nähert sich die Aortenachse nach und nach der

Achse der Wirbelsäule und erreicht diese etwa mit der Aortenendaufteilung.

Zusammengefaßt bedeutet dies: Aorta ascendens und Arcus aortae entfernen sich von der Medianebene, die Aorta descendens nähert sich ihr und erreicht sie mit ihrem Ende.

4. Die Krümmung der Aorta

In ihrem Verlauf weist die Aorta verschiedene Krümmungen auf.

4.1. Die Krümmung des Aortenbogens

Die Stärke der Krümmung des Aortenbogens steht unter anderem in Zusammenhang mit dem Krümmungsgrad der Brust-Lenden-Wirbelsäule. Da die Brust-Lendenkrümmung sich auch mit der Bewegung des Tieres ändert, soll hier der Aortenbogen nur von den Hanford-Schweinen beschrieben werden, die sich in gestreckter Rückenlage befanden.

Die mit dem Bulbus aortae beginnende Aorta ascendens setzt sich zunächst in Richtung der Ausströmungsbahn der linken Herzkammer fort. Sie zieht dabei in kraniodorsaler Richtung auf das kraniale Drittel oder mittlere Drittel des 2. Brustwirbels, in einem Fall auf das kraniale Drittel des ersten Brustwirbels zu. In ihrem Verlauf bildet sie zur Horizontalebene einen nach kranial offenen Winkel von 35° - 50° , in einem Fall einen Winkel von 25° . Wie die Projektion auf die Wirbelsäule zeigt, bildet die Aorta ascendens gleichzeitig einen Winkel zur Vertikalebene, so daß die Aortenachse von der Medianebene nach links abweicht. Die aus diesen beiden Winkeln resultierende Richtung des Aortenverlaufes wird auf eine Strecke von 25 - 35 mm bis zum Abgang des Truncus

brachiocephalicus beibehalten. In Höhe dieser Arterie wird die Richtung geändert. Die Aorta zieht nun in einem Winkel von 88° - 110° zur Horizontalebene auf den Discus intervertebralis zwischen dem 2. und dem 3. Brustwirbel bzw. auf das kraniale oder mittlere Drittel des 3. Brustwirbels zu. Auch der Winkel zur Vertikalebene ändert sich, indem die Aorta weiter nach links abweicht. Mit dem Abgang der Arteria subclavia sinistra aus der Aorta ändert die Aorta erneut ihren bisherigen Verlauf und zieht nunmehr in einem kaudal offenen Winkel von 15° - 70° auf den 4. oder 5. Brustwirbel zu, um vor dem Erreichen dieser Wirbel in Höhe des 3. oder 4. Brustwirbels einen Winkel von 10° - 20° zur Horizontalebene zu bilden. Der Winkel zur Vertikalebene bleibt bis zu diesem Bereich etwa konstant.

Insgesamt bildet die Aorta ascendens mit der Aorta thoracica einen nach kaudal offenen Winkel zwischen 35° und 60° . Die beschriebenen Änderungen in der Verlaufsrichtung der Aorta geschehen gleitend, so daß daraus die starke, doch glatte Krümmung des Arcus aortae resultiert.

4.2. Die Krümmung der Aorta descendens

Die Aorta descendens verläuft ventral der Wirbelsäule in einer nach dorsal konvexen, relativ flachen Krümmung kaudal. Diese Aortenkrümmung, die nahezu der Krümmung der Brust- und Lendenwirbelsäule vergleichbar ist, verflacht in kranio-kaudaler Richtung zunehmend, so daß die Winkel, die die Aorta mit der Wirbelsäulenachse jeweils in Höhe eines Wirbels bildet, in kranio-kaudaler Richtung von 23° auf 9° - 7° abnehmen. Im Bereich des 13. - 14. Brustwirbels wird die Krümmung der Aorta so flach, daß das Gefäß hier gar einen

negativen Winkel von $-1,1^{\circ}$ - $-7,2^{\circ}$ mit der Wirbelsäule bildet und kaudoventral verläuft. Somit entfernt sie sich von der noch aufsteigenden Wirbelsäule.

5. Die Länge der Aorta

Die Länge der Aorta steht in Zusammenhang mit der Länge der Brust- und Lendenwirbelsäule und ist abhängig von Alter und Größe (Gewicht) der Tiere.

Die kleineren, etwa 5 Monate alten 32 - 37 kg schweren Hanford-Miniaturschweine haben bei einer Länge der Brust- und Lendenwirbelsäule von 464 mm - 495 mm eine Aortenlänge von 438 mm - 475 mm. Bei den über 100 kg schweren Schweinen im Alter von 2 - 5 Jahren beträgt die Aortenlänge 590 mm - 671 mm (633,4 mm $\emptyset$), die der Wirbelsäule im Brust-Lendenbereich beträgt 631 mm - 735 mm. Somit hat die Aorta eine Länge von etwa durchschnittlich (91 % - 95 %) 93 % der Gesamtlänge der Brust- und Lendenwirbelsäule.

Von der Gesamtlänge der Aorta entfallen 59,2 %, das sind etwa $\frac{3}{5}$ der Länge, auf die Brust-aorta und 40,8 % oder rund $\frac{2}{5}$ auf die Aorta abdominalis. Unter Brust-aorta ist in diesem Zusammenhang die gesamte, sich im Bereich der Brusthöhle befindliche Aorta, also Aorta ascendens einschließlich Arcus aortae und Aorta thoracica zu verstehen.

5.1. Der Durchmesser der Aorta

Auch der Durchmesser der Aorta ist vom Alter und der Größe bzw. Gewicht der Tiere abhängig.

Die jüngeren untersuchten Tiere haben einen im Durchschnitt 3 mm schwächeren Aortendurchmesser als die bis zu 5 Jahre alten Tiere. Bei den alten Tieren beträgt der Durchmesser der

Aorta ascendens 16,7 mm - 18,0 mm. Die Stärke der Aorta nimmt mit ihrem Verlauf nach kaudal ab. Kurz vor der Abzweigung der beiden Aa. iliaca extt. beträgt der Durchmesser 46 % - 61 % (im Mittel 53,6 %) des Anfangswertes. Nach Abgang der beiden Aa. iliaca extt. weist die Aorta 33,9 %, also etwa 1/3 des ursprünglichen Durchmessers auf.

Wenn auch im Allgemeinen eine kontinuierliche Abnahme des Aortendurchmessers festzustellen ist, so treten doch im Verlauf der Aorta folgende Abweichungen von dieser Kontinuität auf:

1. Der größte Durchmesser der Aorta besteht mit 15,1 mm - 27,6 mm ($\varnothing$ 22 mm) im Bereich des Bulbus aortae, der durch Vorwölbungen, den Sinus aortae, hinter den 3 Aortenklappen gebildet wird.
2. Der Durchmesser der Aorta ascendens beträgt $\varnothing$ 12,2 mm, das ist nur noch etwa die Hälfte (55,3 %) des vorher angegebenen Durchmessers.
3. Vom Ursprung des Truncus brachiocephalicus ab zeigt der Arcus aortae eine weitere Besonderheit:
Bei im Vergleich zur Aorta ascendens gleichbleibendem quерem Durchmesser vergrößert sich der Sagittal- bzw. Höhendurchmesser im Abschnitt zwischen den Abgängen des Truncus brachiocephalicus und der A. subclavia sin. um 3 - 6 mm. Nach Abgang der Arteria subclavia sinistra entspricht der Höhendurchmesser wieder dem Querdurchmesser und die Aorta bekommt wieder die Form einer zylindrischen Röhre.

5.2. Die Wandstärke der Aorta

Die verschiedenen Behandlungen der untersuchten Aorten lassen eine exakte Maßangabe der Wandstärke dieses Gefäßes nicht zu. Schon der postmortal fehlende Blutdruck läßt die Aorta, wie auch die anderen Arterien, kollabieren, und ihre Wand wird dicker; dies ist bei Exenteration des Gefäßes noch ausgeprägter (FUCHS, 1898). Durch die Injektion erstarrender Substanzen in das Aortenlumen läßt sich die Wandstärke besser erhalten. Jedoch war es nicht möglich, den dafür notwendigen physiologischen Druck zu erzeugen - (Schwankungen des systolischen und diastolischen Blutdruckes) -. Durch Fixierung, Einbettung und Färbung schrumpft das Gewebe nach WOLINSKY und GLAGOV (1967) um etwa 30 %, so daß auch die Anwendung des Messokulars nur zu ungenauen Ergebnissen führt. Aus diesen Gründen wurde auf die Angabe von absoluten Zahlen über die Wandstärke verzichtet.

Die relativ lange Aorta weist je nach Abschnitt unterschiedliche Wandstärken auf. Im Bereich der Brustaorta ist die Stärke der Wand am wenigsten einheitlich. Sie steigt zunächst nach der relativ dünnen Wand des Bulbusteiles im Verlauf der Aorta ascendens an. Die linke, der A. pulmonalis benachbarte Wand ist jedoch dünner als die übrigen Wandteile. Der Arcus aortae zeigt eine weitere Verstärkung seiner Wand, insbesondere seines kaudo-ventralen Wandabschnittes. Direkt nach dem Abgang der A. subclavia sinistra beginnt eine Abnahme der Wandstärke, die sich bis zum Hiatus aorticus und ein wenig darüberhinaus erstreckt. Die deutliche Betonung der ventralen Wand gegenüber der dorsalen, die zeitweilig nur eine Wanddicke von 46 % der ventralen besitzt, bleibt jedoch

erhalten. Die beiden lateralen Anteile sind in etwa gleichstark und nehmen zwischen den beiden anderen eine Mittelstellung ein.

Etwa mit Beginn der Aorta abdominalis im Hiatus aorticus endet die Wandverdünnung. Von hier bis zur Aortenendaufteilung bleibt die Wandstärke in etwa konstant bei 15 % - 20 % (ohne Adventitia) der Stärke der Wand von Aorta ascendens und Arcus aortae. Auch die ventrale Wandverstärkung verschwindet oder ist nur höchst undeutlich ausgebildet.

Im Unterschied zur Aorta thoracica ist im abdominalen Aortenabschnitt eine deutlich ausgeprägte Tunica adventitia vorhanden. Deren Stärke wechselt und ihre Abgrenzung gegen das umliegende Bindegewebe ist undeutlich. Bei Berücksichtigung der Dicke dieser Wandschicht erhöht sich die oben angegebene Relation zu der Stärke der kranialen Aortenwand auf 25 % - 35 %.

Auch bei den jüngeren Tieren mit ihrer deutlich dünneren Aortenwand (10 % - 40 % dünner als bei den alten Tieren) sind die oben erwähnten Unregelmäßigkeiten der Wanddicke und deren Verminderung im Kranio-kaudalen Verlauf zu finden.

5.3. Befestigung der Aorta

Die Aorta gibt während ihres Verlaufes eine Reihe von Blutgefäßen zur Versorgung der Peripherie des Körpers ab. Diese bindegewebig mit ihrer Umgebung befestigten Arterien tragen zur Halterung der Aorta bzw. ihrer Fixierung in der beschriebenen Lage bei. Für die dorsale Befestigung sind dies vor allem die dorsalen Segmentgefäße, Aa. intercostales und Aa. lumbales mit der A. sacralis media.

Eine weitere, relativ starke Befestigung ist im Bereich des

Brustraumes durch die Verbindung mit der Pleura mediastinalis gegeben, die ihrerseits durch den Übergang in die Pleura costalis an die Brustwand fixiert ist. Im Bereich der Bauchhöhle hält das Peritonäum ebenfalls die Aorta in ihrer dorsalen Lage. Eine weitere Fixierung dieser Lage geschieht auch durch den Hiatus aorticus.

Die Längsspannung der Aorta wird kranial durch die A. brachiocephalica und die A. subclavia sinistra, kaudal durch die Aortenendäste aufrechterhalten.

5.4. Ductus arteriosus Botalli

Die pränatal offene Verbindung zwischen der Arteria pulmonalis und dem Bogen der vierten linken Kiemenarterie - Ductus arteriosus Botalli - ist beim erwachsenen Hanford-Schwein zu einem bindegewebigen Strang zurückgebildet worden. Dieses Ligamentum arteriosum Botalli beginnt an der rechten dorsalen Wand des Truncus pulmonalis und endet an der linken Aortenwand in Höhe des kranialen bis mittleren Drittels des 4. Brustwirbels. Es verläuft damit innerhalb des Cavum pericardii und weist einen zur Aortenachse nach kranial offenen Winkel auf.

5.5. Das Ostium aorticum

Das Ostium aorticum befindet sich 56 - 65 mm ($\varnothing$ 59,6 mm) ventral von der Wirbelsäule in Höhe des 3. - 4. Brustwirbels. Sein kranialer Rand erreicht dabei die Höhe des kranialen bis kaudalen Drittels des 3. Brustwirbels, sein kaudaler Rand die Höhe des kranialen Drittels des 4. Brustwirbels. Da das Ostium senkrecht zur schräg gestellten Aortenachse gelegen ist, entspricht die Entfernung zwischen den beiden

genannten Skeletpunkten nicht dem eigentlichen Durchmesser des Ostium. Die wirkliche Weite des Ostium ist 14 - 22 mm. Das Ostium aorticum wird in der Diastole von 3 Taschenklappen verschlossen, deren Tiefe unterschiedlich 13,8 - 18 mm beträgt. Von diesen 3 Valvae aorticae entspringt die eine an der dorso-kranialen Aortenwand, wobei ihre ventrale Ausbuchtung bzw. der Ansatz noch auf die Muskulatur der Kammer-scheidewand übergreift. Die beiden anderen Klappen befinden sich kaudolateral: Eine linke kaudale Aortenklappe, die ihren Ansatz sowohl an der linken Aortenwand als auch zum Teil an der Kammermuskulatur bzw. an der Valva atrioventrikularis septalis sinistra hat. Eine kaudale rechte Aortenklappe, die sich mit ihrem dorsalen Ansatz an der Aortenwand befestigt, wobei der ventrale Ansatz sowohl rechts auf die Muskulatur des Septums, als auch auf die septumständige Segelklappe der linken Herzkammer übergreift.

6. Skeletotopie der einzelnen Gefäßabgänge der Aorta

Wie bei HEIDSIEK (1928) angegeben, werden der Deutlichkeit halber nur Wirbeldritteln als Bezugspunkte herangezogen.

6.1. Herzkranzgefäße

Aus dem Bulbus aortae entspringen die für die Eigenversorgung des Herzens bestimmten Gefäße:

6.1.1. A. coronaria sinistra

Dieses bis zu 5,2 mm starke Gefäß hat seinen Ursprung hinter der linken kaudalen Aortenklappe in halber Höhe des linken kaudalen Sinus aortae. Es entspringt mit einem langen, sich allmählich verjüngenden Ursprungsteil, vergrößert somit den Sinus aortae, und verläuft nach links und kranial etwa

in einem rechten Winkel zur Aortenachse. Sein Ursprung liegt somit in Höhe des mittleren bis kaudalen Drittels des 3. Brustwirbels oder des kranialen Drittels des 4. Brustwirbels und hat dabei eine Entfernung von 43 - 53 mm zur Wirbelsäule.

6.1.2. A. coronaria dextra

Die A. coronaria dextra beginnt am dorsalen Teil des kranialen Sinus aortae. Auch sie hat einen sich kegelförmig verjüngenden Ursprungsteil und entspricht sowohl in ihrer Stärke als auch in ihrem Abstand von der Wirbelsäule der A. coronaria sinistra. Ihr Ursprungskegel mit seiner nach kranial und ventral gerichteten Achse (in einem Winkel von 90° zur Aortenblutstromrichtung) liegt in Höhe des kranialen bis kaudalen Drittels des dritten Brustwirbels.

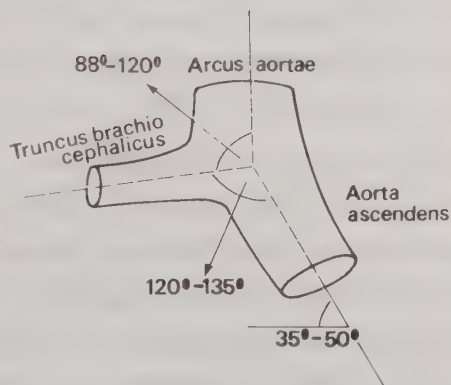
6.2. Arterien aus dem Arcus aortae

Aus der dorsokranialen Wand des Arcus aortae entspringen zwei Gefäße, die für die arterielle Versorgung des Halses und des Kopfes sowie der beiden Schultergliedmaßen bestimmt sind:

6.2.1. Truncus brachiocephalicus

Als proximales Gefäß entspringt er aus dem Scheitel des Aortenbogens in Höhe des kaudalen Drittels des zweiten oder kranialen Drittels des dritten Brustwirbels. In nur einem Fall befindet sich der Ursprung dieses Gefäßes in Höhe des kaudalen Drittels des dritten Brustwirbels. Bei einem Abstand von der Wirbelsäule von 25 - 46 mm verläuft dieser 6,7 - 12,2 mm ($\varnothing$ 9,5 mm) starke Arterienstamm nach kranio-ventral, leicht geneigt in einem Winkel bis 10° zur

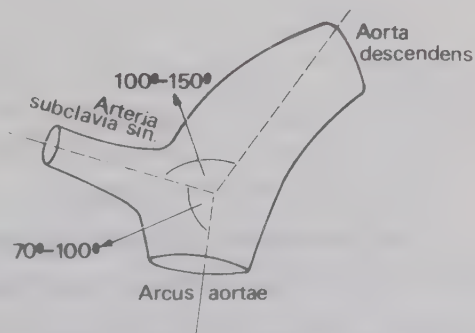
Horizontalebene. Dabei bildet das Gefäß mit der Aorta ascendens einen nach kranio-ventral offenen Winkel von 120° bis 135° , und - bedingt durch die an diesem Punkt stattfindende Richtungsänderung der Aorta - einen nach kranio-dorsal offenen Winkel von 88° bis 120° .



Abgangswinkel des Tr. brachiocephalicus

6.2.2. A. subclavia sinistra

Wie das vorherige Gefäß entspringt auch die 6,4 - 9,7 mm ($\varnothing$ 7,8 mm) starke A. subclavia sinistra aus dem Scheitel des Aortenbogens, etwa 6 - 10 mm weiter distal vom Truncus brachiocephalicus. Ihr Ursprung liegt in Höhe des kaudalen Drittels des zweiten, oder des kranialen und mittleren Drittels des dritten Brustwirbels. Der Abstand zwischen beiden Arterienursprüngen beträgt bei dorso-ventraler Projektion auf die Wirbelsäule 0,5 bis 12,9 mm. Auch die Arteria subclavia sinistra weicht mit ihrer Achse 5° - 10°



Abgangswinkel der A. subclavia sinistra

von der Horizontalebene nach kraniodorsal ab. Ihr Winkel zur Aortenachse beträgt, unter Berücksichtigung der Richtungsänderung der Aorta, nach kranio-ventral 70° - 100° , nach kranio-dorsal 100° - 155° .

6.2.3. Truncus bronchooesophagicus

Der Truncus bronchooesophagicus ist entweder ein 1 - 2 mm starkes Einzelgefäß oder aber unterteilt in 2 - 3 kleinere Gefäße, die gesondert aus der Aorta entspringen (2 Tiere). Er hat seinen Ursprung auf der lateralen rechten Aortenwand in Höhe des mittleren bis kaudalen Drittels des 4. Brustwirbels. Nur bei einem Tier ist der Ursprung in Höhe des Anfanges des 5. Brustwirbels zu finden. Der Ursprungswinkel des Gefäßes beträgt etwa 90° zur Aortenlängsachse, wobei es kurz nach dem Ursprung nach ventral abbiegt.

6.2.4. Rami oesophagei

Für die Versorgung des Oesophagus kommen aus der Aorta 1 - 3 Rami oesophagei, die in einer Stärke bis 1 mm aus der ventralen Aortenwand in Höhe der Mitte des 8. Brustwirbels sowie in Höhe seines kaudalen Drittels entspringen. In zwei Fällen liegt der Ursprung in Höhe des kranialen Drittels. Einmal befindet sich der Ursprung in Höhe des kaudalen Drittels des 7. Brustwirbels, in einem weiteren Fall in der Mitte des 9. Brustwirbels.

6.3. Dorsale Segmentartereien

Zu diesen aus der dorsalen Aortenwand abgehenden Gefäßen zählen die Arteriae intercostales sowie die Arteriae lumbales.

6.3.1. Aa. intercostales dorsales

Der Zahl der Rippenpaare entsprechend gibt es 15 (14) Inter-

kostalarterienpaare. Die ersten 3 - 5 dieser Arterienpaare entspringen aus Ästen der Aa. subclaviae. 8 - 11 als Arteriae intercostales dorsales bezeichnete Gefäße entspringen direkt aus der Aorta, wobei die letzte dieser Arterien, kaudal der letzten Rippe verlaufend und als A. costoadominalis bezeichnet, mit zu den Zwischenrippenarterien gezählt wird. In der Regel entspringen die linke und die rechte Arterie für den jeweiligen Interkostalraum mit einem kurzen 3 - 15 mm langen gemeinsamen Stamm aus der Dorsalwand der Aorta. Da die Aorta descendes links von der Medianebene gelegen ist, sind die ersten zwei bis drei Ursprünge der insgesamt 2 - 3 mm ($\varnothing$ 2,3 mm) starken Interkostalararterien mehr zur dorsomedianen Aortenwand orientiert.

Seltener haben beide Arterien einen eigenen Ursprung aus der Aorta. Diese Variation tritt bei 4 der untersuchten Tiere auf, wovon bei 2 Tieren nur die 5., bei einem die 5., 6. und 7. Aa. intercostales betroffen sind. Bei einem Tier entspringt der gemeinsame Stamm der 5. und 6. Interkostalarterie der einen Körperseite getrennt von dem gemeinsamen Stamm der beiden Arterien der anderen Körperhälfte.

Eine weitere Variation im Ursprung der Aa. intercostales besteht darin, daß ein gemeinsamer Stamm für zwei aufeinanderfolgende Arterien besteht, der entweder, wie oben erwähnt, für beide Körperseiten getrennt, oder aber mit dem der Gegenseite gemeinsam aus der Aorta entspringt. Aus diesem gemeinsamen Stamm, der mit 3 - 4 mm einen deutlich stärkeren Durchmesser aufweist als die übrigen Interkostalararterienstämme, entspringen, unterschiedlich lang, dann vier Arterien. Diese Variation der Ursprünge setzt natürlich die oben erwähnte

Zahl der aus der Aorta entspringenden Interkostalararterien von 10 - 11 auf 8 oder 9 (je nach Zahl solcher Stämme) herab. Diese Art kommt bei 7 Tieren vor und betrifft dreimal die 14. und 15. Interkostalararterie, zweimal die 12. und 13., je einmal die 11./12. und 10./11., zweimal die 5./6. sowie je dreimal die 7./8., 6./7. und 4./5. Interkostalararterie.

6.3.2. Aa. lumbales

Im Lendenbereich ist die Zahl der Variationsmöglichkeiten der Gefäßursprünge geringer. Von den 6 vorkommenden Lendenarterien - in einem Fall sind es bei Vorhandensein von 7 Lendenwirbeln 7 Aa. lumbales - entspringen die ersten 4 (5) immer mit einem 2 - 12 mm langen und 2 - 3 mm starken gemeinsamen Stamm direkt aus der Aorta. Bei 2 Tieren haben die 2. und 3. Lendenarterien je einen eigenen Ursprung. Die 5. (6.) A. lumbalis entspringt entweder mit der der Gegenseite, in einem kurzen gemeinsamen Stamm verbunden, direkt aus der Aorta oder zusammen mit der A. sacralis media in einem gemeinsamen Stamm. Die 6. (7.) Aa lumbales haben ihren Ursprung immer aus der A. sacralis media, entweder in einem kurzen gemeinsamen Stamm oder aber getrennt voneinander. Eine Stammbildung aus zwei aufeinanderfolgenden Lumbalararterien, wie sie im Bereich der Interkostalararterien zu finden ist, ist nicht zu beobachten.

6.3.3. Skeletotopie der dorsalen Segmentarterien

Eine zusammenfassende Darstellung der Projektion der Abgänge der dorsalen Segmentarterien auf die Wirbelsäule und die damit verbundene Zuordnung der Ursprünge zu den einzelnen Brust- und Lendenwirbeln gestaltet sich durch die individuellen Schwankungen schwierig. Deshalb werden im folgenden nur

Wirbeldritteln als Zuordnungspunkte angegeben. Die 5. - 11. Interkostalarterien entspringen fast immer in Höhe des kranialen und mittleren Drittels des nachfolgenden Wirbels, weniger häufig in Höhe des kaudalen Drittels des gleichzähligen Wirbels aus der Aorta. Vereinzelt trifft die Projektion des Gefäßursprunges auf den zwischen dem gleichzähligen und nachfolgenden Wirbel gelegenen Discus intervertebralis. Ab dem 12. Interkostalgefäß überwiegt der Abgang aus der Aorta in Höhe des mittleren bis kaudalen Drittels des gleichzähligen Wirbels. Die Ursprünge der 15. Interkostalarterie (A. costoabdominalis) sowie der Arteriae lumbales schließlich kann man regelmäßig den gleichzähligen Wirbeln zuordnen, wobei sehr häufig deren mittlere und kaudale Drittel betroffen sind, weniger oft die kranialen Drittel der Wirbel.

Auch der Ursprung des Stammes für 2 aufeinanderfolgende Interkostalarterienpaare ist meistens mehr in Höhe des kaudalen der beiden dazugehörigen Brustwirbel gelegen, manchmal in Höhe des kranialen Drittels des nachzähligen Wirbels.

Die Lage der Ursprungskegel der dorsalen Segmentarterien beeinflusst deren Verlaufswinkel, also den Winkel, den die Arterien mit der Längsachse der Aorta bzw. mit ihrer Blutstromrichtung bilden. Die Interkostalarterien, die, wie oben angegeben, im Bereich des nachzähligen Brustwirbels aus der Aorta entspringen, weisen in der Regel einen nach kranial offenen, damit aber einen zur Aortenblutstromrichtung stumpfen Winkel auf, der mit der Entfernung des Ursprungskegels von dem zur Arterie gehörigen Interkostalraum zunimmt. Dabei kann der Winkel derart groß werden, daß die Interkostalarterie bzw. der gemeinsame Stamm der beiden Inter-

kostalarterienpaare parallel zur Aortenachse nach kranial verläuft, somit einen Winkel von 180° zur Aortenblutstromrichtung bildet (Abb. 1, 2). Liegen, wie im Bereich der Lendenwirbelsäule sowie des Überganges der Brust- in die Lendenwirbelsäule, die dorsalen Segmentgefäße mit ihren Ursprüngen im Bereich der gleichzähligen Wirbel, so ist meistens der Verlaufswinkel ein zur Aortenblutstromrichtung spitzer Winkel, der um so kleiner wird, je weiter kranial des Wirbels sich der Ursprung befindet (Abb. 3). Bei 4 Tieren verlaufen die Arteriae lumbales I oder II oder beide gemeinsam in einem stumpfen Winkel zur Aortenachse.

Bei einem Tier - mit Tensolciment injizierte Aorta - zeigt sich, daß der Verlaufswinkel der dorsalen Segmentgefäße nicht immer mit dem Winkel ihrer Ursprungskegel zur Aortenachse, dem sogenannten Abgangswinkel, übereinstimmt. Dies gilt ohne Ausnahme für die Arteriae intercostales, bei denen mit steigender Größe des Verlaufswinkels sich auch der Abgangswinkel vergrößert, im Gegensatz zum Verlaufswinkel aber den rechten Winkel nicht überschreitet. Beträgt der Winkel einer rückläufigen Interkostalarterie 180° , so erreicht ihr Abgangswinkel nur 90° (siehe Abb. 1, 2). Bei einem weniger stumpfen Verlaufswinkel ist der Abgangswinkel sogar zwischen 90° und 42° (und weniger) ein spitzer Winkel zur Aortenblutstromrichtung (Abb. 3).

6.4. Ventrale Segmentarterien

Aus der ventralen Wand der Aorta abdominalis entspringen konstant 3 unpaare Arterien. Es sind dies die A. coeliaca, die A. mesenterica cranialis und die A. mesenterica caudalis.

Inkonstant vorkommende sehr feine Gefäße, die ebenfalls aus



Abb. 1

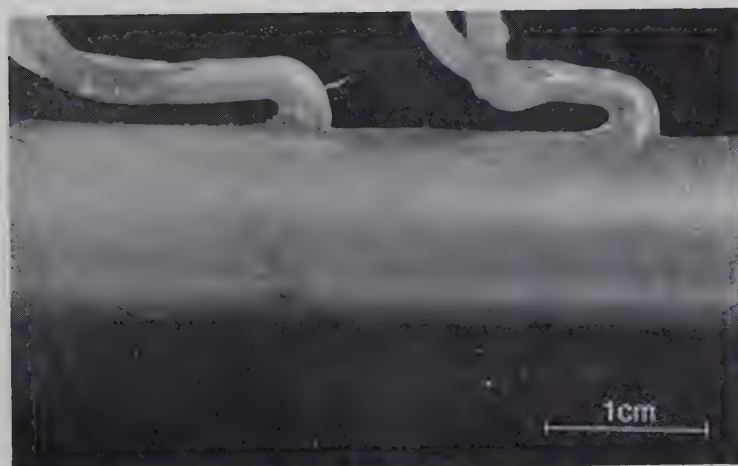


Abb. 2



Abb. 3



Abb. 8

der Ventralwand der Aorta abdominalis entstammen, dienen der Versorgung des Peritonäums.

6.4.1. A. coeliaca

Die Arteria coeliaca entspringt regelmäßig in Höhe des 14. Brustwirbels im Bereich seines mittleren bis kaudalen Drittels und seltener auch seines kranialen Drittels, wie bei den 2 Tieren mit 14 Brustwirbeln. Ebenso selten ist der Ursprung des Gefäßes in Höhe der Zwischenwirbelscheibe zwischen dem 14. und 15. Brustwirbel oder gar am Anfang des 15. Brustwirbels zu finden (je 1 Tier). Die Arteria coeliaca ist ein relativ kräftiges Gefäß mit einer Durchschnittsstärke von 5,5 mm.

6.4.2. Die A. mesenterica cranialis

25 - 57 mm distal von der A. coeliaca entspringt dieses Gefäß entweder in Höhe des mittleren bis kaudalen Drittels des 15. Brustwirbels oder im Bereich der Zwischenwirbelscheibe zwischen dem 15. Brustwirbel und dem 1. Lendenwirbel. Bei 2 untersuchten Tieren, die nur 14 Brustwirbel besitzen, trifft die Projektion des Ursprunges des Gefäßes das kraniale (1 Tier) oder das kaudale (1 Tier) Drittel des 1. Lendenwirbels. Die Arteria mesenterica cranialis ist mit einer Stärke von 6,5 mm nur unwesentlich dicker als die A. coeliaca.

6.4.3. A. mesenterica caudalis

Die A. mesenterica caudalis hat einen Durchmesser von etwa 3 mm. Ihr Ursprung liegt am häufigsten im Bereich des kranialen und mittleren Drittels des 5. Lendenwirbels. In 2 Fällen entspringt sie bereits in Höhe des kaudalen Drittels des 4. Lendenwirbels und einmal in Höhe der Zwischenwirbelscheibe zwischen dem 4. und dem 5. Lendenwirbel.

Auf die Ermittlung des Verlaufswinkels dieser aus der ventralen Aortenwand hervorgehenden Gefäße wurde verzichtet, da die vor der Fixierung vorgenommene Exenteration mit Durchschneiden dieser Gefäße keine korrekte Winkelangabe zuläßt.

6.5 Laterale Segmentarterien

Von diesen ursprünglich segmental angelegten Arterien bleiben dem erwachsenen Hanford-Miniaturschwein die paarigen Aa. renales, Aa. suprarenales, Aa. abdominales craniales (phrenicoabdominales), Aa. ovaricae bzw. testiculares und Aa. phrenicae caudales erhalten.

6.5.1. Aa. renales

Die Arteriae renales sind bis 6,9 mm starke Gefäße, die auf jeder Seite aus der lateralen Aortenwand entspringen. Dieser Ursprung liegt in Höhe des kranialen, mittleren und kaudalen Drittels des 2. Lendenwirbels. In 2 Fällen ist der Abgang der Arterien weiter kaudal im kranialen und kaudalen Drittel des 3. Lendenwirbels zu finden, in einem Fall auf der Höhe der Zwischenwirbelscheibe zwischen dem 1. und dem 2. Lendenwirbel. Dabei sind beide Arterien immer etwas in kranio-kaudaler Richtung gegeneinander versetzt. Bei 6 untersuchten Tieren liegt der Ursprung der A. renalis sinistra kaudal des Ursprunges der rechten Nierenarterie, wobei der Abstand 1 - 10,4 mm beträgt. In 4 Fällen lag der Ursprung der Arteria renalis dextra 1,8 - 15,3 mm kaudal der A. renalis sinistra.

Ein Abweichen der Ursprünge der Nierenarterien nach ventro-lateral oder ventral ist in keinem Fall zu beobachten. Der Verlaufswinkel der A. renalis sinistra schwankt zwischen $50,2^{\circ}$ und $138,2^{\circ}$, der der A. renalis dextra zwischen 45° und $119,4^{\circ}$. Von 7 untersuchten Tieren ist sechsmal der Winkel der

kaudal versetzten Arterie ein zur Richtung des Aortenblutstromes stumpfer Winkel. In einem Fall sind die Winkel in etwa gleich ($50,2^{\circ}$ - $53,6^{\circ}$).

6.5.2. Aa. suprarenales

Die die Nebennieren versorgenden Arterien entstammen verschiedenen Gefäßen, so der A. coeliaca, A. mesenterica cranialis, A. phrenica caudalis, A. abdominalis cranialis sowie der letzten A. intercostalis. Aber auch aus der Aorta entspringen für jede Nebenniere 1 - 3 feine, bis 1 mm starke Gefäße. Sie stammen alle aus der lateralen bzw. ventrolateralen Aortenwand im Bereich des 15. Brust- und 1. Lendenwirbels, bei einem Tier auch in Höhe des Discus intervertebralis zwischen dem 1. und dem 2. Lendenwirbel sowie des kranialen Drittels des 2. Lendenwirbels.

Der Feinheit dieser Gefäße wegen und auf Grund der recht unterschiedlichen Anzahl bei den einzelnen Tieren ist eine Bestimmung der Abgangswinkel der Aa. suprarenales nicht vorgenommen worden.

6.5.3. Aa. abdominales craniales (Aa. phrenicoabdominales)

Diese Arterien entspringen bei allen untersuchten Tieren in Höhe der ersten beiden Lendenwirbel aus der lateralen oder latero-ventralen Aortenwand. Im einzelnen zeigen die Tiere die Ursprungskegel der Aa. abdominales craniales im Bereich des kranialen (1 Tier) und kaudalen (1 Tier) Drittels des ersten Lendenwirbels oder der Zwischenwirbelscheibe zwischen dem ersten und dem zweiten Lendenwirbel (2 Tiere). In einem weiteren Fall liegt der Ursprung der linken Arterie in Höhe des kaudalen Drittels des 1. Lendenwirbels, der der rechten Arterie innerhalb des kranialen Drittels des 15. Brustwirbels.

Bei allen anderen Tieren entspringen diese Gefäße in Höhe des kranialen oder kaudalen Drittels des 2. Lendenwirbels.

Auch diese Arterien sind in ihrem Ursprung in kranio-kaudaler Richtung gegeneinander mit einem Abstand von 0,2 - 12,9 mm (in einem Fall 35,2 mm) gegeneinander versetzt. Bei 6 Tieren ist die linke A. abdominalis cranialis, bei 4 Tieren die rechte Arterie weiter kaudal gelagert. Verglichen mit der kranio-kaudalen Verlagerung der Aa. renales ist bei den 10 untersuchten Tieren eine gleichseitige Verlagerung nach kaudal in 6 Fällen zu beobachten.

Die Entfernung zu den gleichseitigen Aa. renales ist recht unterschiedlich: Links zwischen 6,6 und 40,5 mm, rechts zwischen 4,7 und 79,3 mm. Die 1,4 - 3,7 mm starken Gefäße verlassen die Aorta in einem spitzen Winkel in kaudolateraler Richtung, in 2 Fällen rechtwinklig in lateraler Richtung.

6.5.4. Aa. spermaticae internae (Aa. ovaricae, Aa. testiculares)

Die paarigen 0,6 - 1,9 mm starken Gefäße übernehmen die Versorgung der Keimdrüsen. Beide Arterien entspringen - eine aus der linken, die andere aus der rechten ventrolateralen Aortenwand - regelmäßig in Höhe des 4. Lendenwirbels. Bei 2 Tieren ist einmal die linke und einmal die rechte A. spermatica interna in Höhe des Anfanges des 5. Lendenwirbels gelegen. Diese Arterien sind zwischen 3,4 und 22,5 mm in kranio-kaudaler Richtung gegeneinander versetzt. Dabei sind von 8 untersuchten Tieren in 4 Fällen die linke und in 4 Fällen die rechte Arterie weiter kaudal gelegen. Je zweimal stimmt dies Verhalten mit der entsprechenden Lage der Aa. renales überein. Die Arterien verlaufen in einem spitzen Winkel zur Aorten-

längsachse. Wegen ihrer Beweglichkeit im Ligamentum latum uteri bzw. Plica vasculosa wird auf eine Winkelangabe verzichtet.

6.5.5. Aa. phrenicae craniales fehlen

6.5.6. Aa. phrenicae caudales

Von 8 auf das Vorkommen der Aa. phrenicae caudales hin untersuchten Tieren besitzen alle Tiere 2 solche Gefäße, von denen wenigstens eines direkt aus der Aorta entspringt. In 4 Fällen geht die A. phrenica caudalis dextra aus der ventrolateralen Aortenwand hervor, während die linke Arterie aus der kaudalen Wand der Arteria coeliaca entstammt. Bei den anderen Tieren entspringen beide Aa. phrenicae caudales aus der Aorta, indem in 2 Fällen sich beide Arterien aus einem gemeinsamen Stamm aus der Aorta entwickeln und in weiteren 2 Fällen beide Arterien getrennt voneinander aus der Aortenwand hervorgehen.

Die Ursprünge dieser Gefäße aus der Aorta liegen unregelmäßig in Höhe des 13. - 15. Brustwirbels, in der Mehrzahl in Höhe des 14. Brustwirbels und in einem Fall in Höhe des kranialen Drittels des 1. Lendenwirbels.

Die zwischen 1 und 2 mm starken Gefäße verlaufen in einem sehr spitzen Winkel zur Aortenblutstromrichtung zunächst nach kaudal an der Aortenwand entlang, um dann in den muskulösen Teil der Zwerchfellpfeiler einzuschwenken.

6.6. Aortenendaufteilung

* Unter der Aortenendaufteilung versteht man die auf einer relativ kurzen Strecke im Bereich des 5./6. Lendenwirbels stattfindende Verzweigung in die bilateral symmetrischen

Aa. iliacaе externaе und Aa. iliacaе internaе. Hinzu kommt der Abgang der A. sacralis media, die auch als direkte kaudale Fortsetzung der Aorta angesehen wird (Aorta caudalis, CLARA (1966)).

6.6.1. Aa. iliacaе externaе

Der Abgang dieser 3,9 - 7,8 mm starken Gefäße befindet sich fast immer in Höhe des 5. Lendenwirbels, sowohl innerhalb dessen kranialen und mittleren als auch besonders häufig des kaudalen Drittels, gelegentlich auch am Anfang des 6. Lendenwirbels. In der Regel entspringen die linke und rechte A. iliaca externa in derselben Höhe aus der gleichseitigen Aortenwand; bei 4 Tieren ist eine Verschiebung in kranio-kaudaler Richtung festzustellen, so daß in 2 Fällen die linke und in 2 weiteren Fällen die rechte A. iliaca externa weiter kaudal als die der Gegenseite entspringt. Beide Arterien entspringen in einem Winkel von 35° - 47° , nur in 1 Fall sind die Winkel $55,4^{\circ}$ und $66,3^{\circ}$ zur Aortenachse. Meistens sind die Winkel beider Arterien gleich groß. Nur bei ungleichem Abgang ist der Verlaufswinkel der kaudal entspringenden Arterien um $3,5^{\circ}$ - $12,9^{\circ}$ größer als der der Gegenseite.

6.6.2. Aa. iliacaе internaе

Nach Abgabe der Aa. iliacaе externaе verläuft die Aorta 6,8 - 18,3 mm weiter kaudal, um dann mit der Aufteilung in die beiden Aa. iliacaе internaе zu enden. Dieses Ende befindet sich bei 3 Tieren in Höhe des mittleren, bei 1 Tier in Höhe des kaudalen Drittels des 5. Lendenwirbels, bei 5 Tieren im Bereich des kranialen und bei 3 Tieren des mittleren Drittels des 6. Lendenwirbels. Der Winkel, den die

beiden 1,8 - 6,3 mm im Durchmesser starken Gefäße miteinander bilden, schwankt zwischen 26° und 92° . Für das Einzelgefäß zeigt der Winkel zur Aortenlängsachse eine Größe zwischen 13° und 47° . Auf jeden Fall sind die Winkel kleiner (spitzer) als die der Aa. iliaca^e externa^e.

Der Regelfall, daß die Aorta nach Abgabe der Aa. iliaca^e externa^e noch eine mehr oder weniger lange Strecke nach kaudal läuft (A. iliaca interna communis nach PAECH, 1964, um sich dann in die beiden Aa. iliaca^e interna^e zu verzweigen, kennt Ausnahmen. So bleibt bei einem Tier nach Abgang der A. iliaca externa dextra ein 11,2 mm langer Aortenstamm, aus dem etwa in gleicher Höhe die A. iliaca externa sinistra und die beiden Arteriae iliaca^e interna^e gemeinsam entspringen. Gleichzeitig mit dem Abgang der A. iliaca externa dextra ist der Aortenstamm um etwa 15° nach links abgebogen.

6.6.3. A. sacralis media

Dieses unpaare, aus der Dorsalwand der Aorta entspringende Gefäß wird auch als direkte Fortsetzung der Aorta angesehen. Die A. sacralis media entspricht mit ihrem Durchmesser von 2 - 3,5 mm den Lumbalarterien und entspringt entweder in Höhe des mittleren Drittels des 5. Lendenwirbels aus einem gemeinsamen Stamm mit der 5. A. lumbalis, oder als Einzelgefäß dorsal aus der Aortenwand in Höhe des kranialen Drittels des 6. Lendenwirbels. Ist ein gemeinsamer Stamm von 5. Lumbalarterie mit A. sacralis media ausgebildet, dann hat dieser einen etwas größeren Durchmesser von 3,3 - 5,5 mm. Unabhängig vom Ursprung ist der Verlaufswinkel der A. sacralis media ein spitzer Winkel von $4,7^{\circ}$ - 38° . Der Winkel eines mit der 5. Lumbalarterie gemeinsamen Stammes ist deutlich stumpfer und

erreicht etwa 90° . Bei allen Tieren entläßt die A. sacralis media das letzte, also 6. Paar der Aa. lumbales. Diese werden kaudodorsal in Höhe des mittleren oder kranialen Drittels des 6. Lendenwirbels (des 7. Lendenwirbels bei 1 Tier mit 7 Lendenwirbeln und 7 Lumbalarterien) getrennt voneinander entlassen.

B Mikroskopischer Teil

7. Bau der Aortenwand

Die Aorta des Hanford-Miniaturschweines ist in ihrem Wandbau uneinheitlich. Während im Brustteil die elastischen Elemente stark in den Vordergrund treten, so daß auch hier die Aorta den Arterien des elastischen Bautyps zugeordnet werden muß, ist die Wandstruktur des Bauchteiles die einer muskulären Arterie. Im folgenden sollen daher die Struktur der Aorta thoracica der der Aorta abdominalis gegenübergestellt und auch der auf einem relativ kurzen Gefäßabschnitt sich vollziehende Übergang von dem einen in den anderen Gefäßtyp beschrieben werden.

7.1. Aorta thoracica

Die Aorta thoracica ist ein eindeutig elastischer Gefäßabschnitt, d.h., die elastischen Elemente beherrschen das histologische Bild. (Abb. 4, 5)

Die übliche Einteilung in die drei Schichten ist nur unzulänglich vorzunehmen. Intima und Media gehen ohne besondere Grenze, d.h., ohne trennende Lamina elastica interna ineinander über. Die dünne Adventitia ist charakterisiert durch den Mangel an elastischen Elementen und dadurch deutlicher

gegen die Media abzugrenzen. Eine Lamina elastica externa als deutliche Grenze der Media gegen die Adventitia fehlt allerdings auch hier.

7.1.1. Tunica intima

Die nicht überall gleichmäßig starke Tunica intima besteht aus einer Lamina endothelialis und einer Lamina subendothelialis. Die Lamina endothelialis wird durch eine einschichtige Decke flacher Endothelzellen gebildet. In der mediawärts gelegenen, unterschiedlich starken, bindegewebigen Lamina subendothelialis verlaufen zwischen starken kollagenen Faserbündeln unterschiedlicher Richtungen auch elastische Fasern, die zum Teil in mehreren konzentrischen Schichten angeordnet sind. Die in Richtung auf die Media immer kräftiger werdenden elastischen Fasern (Stärke von 0,5 - 1,5 μ) erreichen allerdings die Stärke der in der Media vorkommenden Fasern nicht (3 - 4,5 μ). Die kräftigeren Fasern sind mediawärts gelegen. Sie verlaufen parallel zueinander in longitudinaler Richtung. Dagegen zeigen die schwächeren, lumenwärts gelegenen elastischen Fasern keine besondere Faserstreichrichtung und stellen sich als schichtartig angeordnete Fasernetze dar.

Der Übergang zur Media ist fließend. Vereinzelte glatte Muskelzellen treten in Verbindung mit den vorwiegend axial verlaufenden elastischen Fasern auf.

7.1.2. Tunica media

Die Tunica media übertrifft die Tunica intima um ein Mehrfaches an Stärke und macht fast die gesamte Aortenwand aus.

Das elastische Gewebe ist zu konzentrisch um das Gefäßlumen verlaufenden Lamellen angeordnet. Jede Einzellamelle umgreift dabei nur einen kleinen Abschnitt des Lumens. Sie endet ent-

weder frei zwischen zwei benachbarten Lamellen, oder teilt sich in zwei getrennt voneinander weiterverlaufende Lamellen oder verbindet sich mit einer Nachbarlamelle. Feinere und stärkere elastische Fasern verlaufen schräg durch den interlamellären Raum und verbinden zwei benachbarte Lamellen miteinander. Durch diese vielfältigen Verbindungen der Lamellen miteinander sind die elastischen Anteile der Aortenwand zu einem System verbunden. (Abb. 5)

Der Abstand zwischen 2 Lamellen, der sogenannte interlamelläre Raum (ROSSNER, 1961), beträgt im Durchschnitt 18μ . Im intimanahen Mediadrittel ist dieser Lamellenabstand deutlich auf 24μ vergrößert; die Struktur der Media scheint hier aufgelockerter zu sein. Im mittleren und besonders im adventitianahen Mediadrittel ist hingegen die Struktur straffer und die elastischen Elemente sind enger aneinander gelagert, im Durchschnitt in einem Abstand von 12μ .

Die einzelne elastische Lamelle ist zum großen Teil deutlich dreischichtig. Zwei Außenlagen elastischen Gewebes sind durch eine dazwischen liegende Mittelschicht kollagener Faserbündel zu einer Einheit zusammengefaßt. Der Abstand zwischen den beiden Außenlagen wird intralamellärer Raum genannt und ist $1 - 4 \mu$ weit. Er wird gelegentlich von schräg verlaufenden elastischen Faserverbindungen beider Außenlagen durchzogen.

Eine jede dieser beiden elastischen Außenlagen besteht aus $2 - 4 \mu$ starken elastischen Fasern, die, fast parallel zueinander verlaufend, durch zahlreiche Verbindungen untereinander ein starkes Netzwerk bilden. Die Hauptfaserrichtung ist etwa zirkulär mit einem spitzen Winkel zu der senkrecht

zur Gefäßachse gelegenen Ebene. Die Fasern verlaufen in einer sehr flachen Spirale um das Aortenlumen. Die Fasern beider Lamellenlagen sind jedoch einander entgegengesetzt gewickelt. Daraus resultiert für das elastische System eine Vielzahl spiralg um das Lumen verlaufender, sich überkreuzender Fasernetze. (Abb. 9)

Die Muskulatur der Aortenwand im Bereiche der Media ist ebenfalls in Schichten angeordnet. Je eine einzellige Lage glatter Muskulatur befindet sich in den interlamellären Räumen. Die Muskelzellen verbinden dabei, in einem spitzen Winkel zur Lamellenoberfläche verlaufend, zwei elastische Nachbarlamellen miteinander. Die Richtung der Muskelzellen in den einzelnen interlamellären Räumen sind aber einander entgegengesetzt. Die Zellen können fortlaufend von Muskelschicht zu Muskelschicht ihre Richtung wechseln, so daß sich eine Art Fischgrätenmuster ergibt. Auch die Muskelzellen verlaufen im wesentlichen spiralg um das Aortenlumen, somit in einem flachen Winkel zur Transversalebene. Vereinzelt kommen Muskellagen vor, die mehr in longitudinaler Richtung zwei Lamellen miteinander verbinden. Die Muskelzellen werden von den oben erwähnten feineren elastischen Verbindungen zwischen den elastischen Außenlagen zweier Lamellen sowie von den die elastischen Fasern umgebenden kollagenen Faserbündeln begleitet.

Muskelzellen und elastisches Gewebe sind somit zu schichtweise angeordneten muskuloelastischen Systemen zusammengefaßt. (Abb. 4)

Die Zahl dieser muskulo-elastischen Systeme ist nicht im ganzen Brustbereich der Aorta gleichgroß (Graphik 1). Die

Aorta ascendens und der Arcus aortae weisen eine in Blutstromrichtung zunehmende Zahl solcher Lamellensysteme auf. Im Bereich des 4. - 6. Brustwirbels hat die Aorta mit durchschnittlich 82 (72 - 92) Lamellen ihre meisten muskuloelastischen Systeme aufzuweisen. Dann sinkt im kranio-kaudalen Aortenverlauf die Zahl gleichmäßig ab und erreicht im Bereich etwa des 13. Brustwirbels ihren niedrigsten Wert - etwa 23 - für den thorakalen Aortenabschnitt. Diese Abnahme entspricht in etwa der Abnahme der Wandstärke in diesem Bereich.

Die dorsale Wand der Aorta descendens im Brustbereich ist in der Regel dünner als die ventrale Wand. Der Wandverdünnung entspricht auch die deutlich geringere Zahl muskuloelastischer Systeme in der dorsalen Wand. Die seitlichen Aortenwände nehmen dabei wieder eine Mittelstellung ein.

7.1.3. Tunica externa seu adventitia

Die Tunica externa ist im Brustbereich eine relativ dünne, lockere Bindegewebslage mit kollagenen Faserbündeln. Zwischen diesen befinden sich vereinzelt, oder zu kleinen Bündeln vereint, wenige elastische Fasern. Zum Teil sind diese elastischen Fasern schichtweise in 1 - 5 Lagen angeordnet. Die Fasern verlaufen in axialer Richtung, sind mit einer Stärke von etwa $1,5 \mu$ parallel angeordnet und bilden keine Faser-netze wie in der Media. Vereinzelt zeigen sich dünne Muskelbündel, manchmal in 1 - 3 Schichten hintereinander angeordnet. Die dünne Bindegewebslage geht ohne besondere Grenze in das umgebende Bindegewebe über.

7.1.4. Vasa vasorum

Diese, die Gefäßwand selbst versorgenden kleinen Gefäße entstammen den einzelnen Aortenabgängen. Es wurden keine Gefäße gefunden, die direkt vom Aortenlumen in die Aortenwand ziehen.

Die Vasa vasorum verzweigen sich zunächst in der Adventitia der Aorta und dringen dann von außen in die Media ein. Hier sind sie bis zum mittleren Drittel der Media zu finden. Die intimanahesten Gefäße halten dabei immer einen Abstand von der Intima, der mit der Breite von 28 - 34 muskulo-elastischen Systemen identisch ist. Weiter intimawärts wurden keine Gefäße mehr gefunden. Im wesentlichen bilden die Vasa vasorum ein Gefäßnetz, dessen Maschen vornehmlich in der Längsrichtung der Aorta orientiert sind, so daß sich im Querschnitt mehr quer- als längsgetroffene Gefäßanschnitte zeigen.

7.2. Aorta abdominalis

Im Gegensatz zum Brustteil ist die Aorta abdominalis mehr den Arterien des muskulären Bautyps zuzuordnen. Wohl sind elastische Elemente in Form der lamellären Netze vorhanden, jedoch überwiegt die Muskulatur. Darüberhinaus läßt sich die Gefäßwand im allgemeinen gut in drei Schichten einteilen. Intima und Media werden deutlich voneinander durch eine Lamina elastica interna getrennt. Die Tunica adventitia ist erheblich dicker als im Brustbereich, dringt aber teilweise in die äußere Mediaschicht ein, so daß die Trennung der Media gegen die Adventitia hier manchmal nicht ganz einheitlich ist.

7.2.1. Tunica intima

Als lumenbegrenzende Schicht findet sich auch hier die

Lamina endothelialis. Eine Lamina subendothelialis besteht in der Regel aus einer äußerst dünnen kollagenen Bindegewebslage, so daß teilweise die Endothelzellen dicht auf die Lamina elastica interna zu liegen kommen. Teilweise ist die Intima verstärkt. Das beruht auf einer Verbreiterung der Lamina subendothelialis, in deren kollagenem Bindegewebe sich dann ein Raumnetz feinerer elastischer Fasern nachweisen läßt. Regelmäßig finden sich solche Intimaverdickungen an Gefäßabgängen.

Der Übergang zur Tunica media ist deutlich. Ein Netz 2 - 3 μ starker, sich miteinander verbindender, elastischer Fasern schließt als Lamina elastica interna die Intima gegen die Media ab. Die Maschen dieses Netzes sind rundlich bis längsoval, die Fasern verlaufen mehr steilspiralig um das Aortenlumen. (Abb. 6, 8)

7.2.2. Tunica media

Das elastische Gewebe der Aorta abdominalis besteht wie im Brustbereich aus konzentrisch um das Lumen des Gefäßes verlaufenden elastischen Lamellen. Auch sie umgreifen nur einen Teil des Lumens und enden dann frei oder verbinden sich mit Nachbarlamellen. Der Abstand zwischen den 15 - 25 Lamellen beträgt zwischen 12 und 17 μ . Adventitiawärts entfernen sich die elastischen Lamellen voneinander auf einen Abstand von 20 μ und mehr. Feine elastische Fasern verbinden, begleitet von kräftigen kollagenen Faserbündeln, in schrägem Verlauf je zwei benachbarte Lamellen miteinander.

Die Einzellamelle besteht aus einem einschichtigen Netzwerk feiner, 0,5 - 1,5 μ starker elastischer Fasern. Das Netz ist dem Elasticanetz der Lamina elastica interna nicht unähnlich,

zeigt auch rundliche und ovale Maschen, deren lange Achse allerdings in einem flachen Winkel zur Transversalebene gelagert ist. Somit verlaufen viele der Fasern eines solchen Netzes flachspiralig um das Aortenlumen. Eine Dreischichtung der Einzellamelle, wie sie im Brustbereich zu beobachten ist, ist hier nicht vorzufinden. (Abb. 10)

Hingegen befindet sich um jede Lamelle eine starke Lage kollagenen Bindegewebes. Einzelne kollagene Faserbündel begleiten auch die elastischen Verbindungsfasern.

Die Zahl der elastischen Lamellen bleibt im Abdominalbereich der Aorta recht konstant (Graphik 1).

Zwischen den feinen elastischen Lamellen befindet sich als Hauptbestandteil der Media die glatte Muskulatur. Die zum Teil mehrschichtigen Muskellagen verbreitern sich, dem Abstand der elastischen Lamellen entsprechend, in Richtung auf die Adventitia. Die Muskelzellen verlaufen schräg zwischen den Lamellen und schräg zur Transversalebene, wobei sich die Richtung von Muskellage zu Muskellage ändern kann. Stärkere kollagene Bindegewebsbündel können sich im adventitiahnen Teil der Media zwischen größere Muskelbündel schieben. Die Grenze von der Media zur bindegewebigen breiten Adventitia wird dadurch fließend und undeutlich.

7.2.3. Tunica externa s. adventitia

Die Tunica externa ist deutlich ausgebildet und kann die Tunica media an Stärke übertreffen. Der Übergang des zum Gefäß gehörenden Bindegewebes vom perivaskulären Gewebe ist allerdings undeutlich.

Die Adventitia besteht aus kollagenem Bindegewebe mit starken Faserbündeln. Darin finden sich 15 - 25 konzentrisch

zum Aortenlumen angeordnete elastische Faserschichten eingebettet. Diese Faserschichten bestehen aus $1,5 \mu$ dicken elastischen Fasern, die untereinander parallel verlaufen. Sie bilden keine Netze. Zum Teil sind die Fasern mediawärts etwas verdichtet. Glatte Muskelfasern kommen vereinzelt vor; ihre Faser-richtung ist wie die der kollagenen Fasern longitudinal.

7.2.4. Vasa vasorum

Diese Gefäße sind nur noch in geringer Anzahl in der Adventitia zu finden. Sie dringen nicht mehr in die Media vor. Wie im Brustbereich finden sich auch im Bauchabschnitt keine Vasa vasorum, die vom Lumen direkt herkommen. Die Intima und die Media der Aorta abdominalis sind somit frei von Vasa vasorum.

7.3. Übergangsform

Der Wechsel vom elastischen Typ der thorakalen Aorta in den mehr muskulösen Gefäßtyp der abdominalen Aorta vollzieht sich innerhalb einer relativ kurzen Gefäßstrecke. Er beginnt im kaudalen Brustbereich etwa in Höhe des 12. und 13. Brustwirbels und endet in Höhe des 15. Brustwirbels bzw. 1. Lendenwirbels nach dem Abgang der A. coeliaca und der A. mesenterica cranialis. Zunächst verringert sich dabei im intimanahen Mediadrittel die Stärke und die Zahl der äußeren elastischen Lamellen. Dadurch hebt sich die gleichbleibende innerste elastische Membran deutlich gegen die anderen elastischen Fasern ab und bildet die Lamina elastica interna. Dieser Faserschwund und die Differenzierung einer Lamina elastica interna läßt sich zuerst im dorsalen Aortenwandabschnitt nachweisen; sie setzen sich dann mit dem kranio-kaudalen Aortenverlauf auf die beiden seitlichen Aortenwände fort und ergreifen schließ-

lich auch die ventrale Gefäßwand. Nach und nach werden mit dem Verlauf des Gefäßes nach kaudal auch die elastischen Lamellen des mittleren und äußeren Mediadrittels von der Reduzierung betroffen. Die starken elastischen Lamellen reichen also in der Ventralwand am weitesten nach kaudal.

Mit Verringerung der elastischen Lamellen treten die kollagenen Faserbündel und die Muskelzellen deutlicher hervor. Andererseits ist der Elastikaszwind der Media mit einer Verstärkung der elastischen Elemente der Adventitia gekoppelt. Nach und nach mehren sich in der Adventitia die elastischen Schichten, die aus vielen untereinander parallelen und axial verlaufenden 1,5 μ dicken elastischen Fasern bestehen. Gleichzeitig finden wir einige längsverlaufende Muskelfaserbündel in der Adventitia.

7.4. Die entspannte Aorta

Im Vergleich zu der in situ unter physiologischem Druck gedehnten und fixierten Aorta zeigt die nach Exenteration fixierte, nicht gedehnte Aorta bei grundsätzlich gleichen Bauelementen ein durch Entspannung, Kontraktion und Schrumpfung stark verändertes histologisches Bild. (Abb. 6)

Charakteristisch für diese Aorta ist die starke Wellung seiner Bauelemente, besonders des elastischen Gewebes. Die Wellung kann so stark und unregelmäßig sein, daß die Anordnung der Lamellen undeutlich wird. Der Abstand zwischen zwei elastischen Lamellen ist infolge der Wellung unregelmäßig und erscheint im Vergleich zur gedehnten Aorta vergrößert. Die im interlamellären Raum befindliche glatte Muskulatur hat ihre klare Ausrichtung verloren; die sonst länglich und gestreckt erscheinenden Zellkerne sind gestaucht. Auch das Bild einer

Einzellamelle ist verändert. Durch die unregelmäßig Verbreiterung des intralamellären Raumes verliert die Lamelle ihre reguläre Schichtung. Die Verbreiterung des inter- und intralamellären Raumes führt zu einer scheinbaren Verstärkung des kollagenen Gewebes und zu einer sichtbaren Verbreiterung der einzelnen Wandschichten bzw. der ganzen Wand.

Im Abdominalabschnitt der Aorta zeigt sich die Lamina elastica interna als jene bekannte stark gewellte Membran, wie sie sich bei muskulären Arterien im üblichen histologischen Bild darstellt. Auch die elastischen Membranen der Media sind entsprechend stark gewellt. Sie sind darüberhinaus dicker und deutlicher als in gestreckten Aorten. Die sonst gestreckt axial verlaufenden elastischen und kollagenen Fasern der Adventitia nehmen einen leicht welligen Verlauf an. (Abb. 6)

Diskussion

Die Lage und der Verlauf der Aorta des Hanford-Miniaturschweines entsprechen im allgemeinen den Verhältnissen beim Hausschwein, soweit diese von SIEBER (1903), ZIETZSCHMANN (1943) und KÄHLER (1960) beschrieben wurden. Auch bei den Aortenabgängen ergibt sich in Zahl und Ursprung ein vergleichbares Bild (SIEBER, 1903; ZIETZSCHMANN, 1943; BIERMANN, 1953; KÄHLER, 1960; BICKHARDT, 1961; PAECH, 1964; SCHILTSKY, 1966 und WISSDORF, 1970 beim Hausschwein sowie MÜHLENBRUCH, 1970; ENGELMANN, 1971 und SAJITZ, 1973 beim Göttinger Miniaturschwein.

Da die Untersuchungen der oben genannten Autoren sich im wesentlichen auf Tiere mit 14 Brustwirbeln beziehen, ergeben sich für das Hanford-Miniaturschwein, mit zumeist 15 Brustwirbeln, vereinzelte skeletotopische Besonderheiten. So ist für die Aortenabgänge im Abdominalbereich des Gefäßes eine leichte, unterschiedlich große Verschiebung der Ursprünge nach kranial in Bezug zur Wirbelsäule festzustellen. Dies betrifft sowohl die lateralen als auch die ventralen Aortenabgänge, nicht jedoch die dorsalen Segmentgefäße. Im Brustbereich hingegen entspringen diese dorsalen Arterienstämme stets weiter kaudal.

Weiterhin fällt auf, daß die lateralen Segmentgefäße der rechten und linken Körperseite alternierend entspringen. Ähnliches geben BIERMANN (1953), SIEBER (1903), KOCH (1970) und ZIETZSCHMANN (1943) für das Hausschwein an.

Als Besonderheit findet SIEBER (1903) die linke Nierenarterie kranial vor der rechten, ZIETZSCHMANN (1943) und KOCH (1970) sehen dagegen meistens die rechte A. renalis

vor der linken entspringen. Beim Hanford-Miniaturschwein sind beide Varianten, im Verhältnis 2 : 3, nachzuweisen.

Die von BIERMANN (1953) für das Hausschwein angegebene Möglichkeit, daß, bei Vorhandensein von zwei *Arteriae phrenicae caudales*, eine dieser Arterien direkt der Aorta entstammt, scheint beim Hanford-Miniaturschwein die Regel zu sein.

Wie beim Hausschwein teilt sich die Aorta in Höhe des 5. und 6. Lendenwirbels in ihre symmetrisch verlaufenden Endäste, die *Aa. iliacae externae et internae* und die *A. sacralis media*, auf. Die Größe der Abgangswinkel der *Aa. iliacae externae* liegt zwischen denen, die für das Hausschwein von KÄHLER (1960) und BICKHARDT (1961) angegeben wurden. Den verbleibenden Reststamm der Aorta nennt PAECH (1964) *A. iliaca communis*. Die Endaufzweigung der Aorta in die beiden *Aa. iliacae internae* ist in Höhe des 6. Lendenwirbels zu finden. Der Winkel zwischen beiden *Aa. iliacae internae* schwankt stark. In einem Sonderfall entspringt nach Abgang der *Arteria iliaca externa dextra* die *Arteria iliaca externa sinistra* mit den beiden *Aa. iliacae internae* aus dem verbliebenen gemeinsamen Aortenstamm.

Wie beim Hausschwein (WISSDORF, 1970) entspringt auch die *A. sacralis media* des Hanford-Miniaturschweines aus dem Aortenstamm nach dem Abgang der *Aa. iliacae externae* oder gemeinsam mit dem Stamm der beiden 5. Lumbalarterien in Höhe des 5. Lendenwirbels.

Die Koronararterien, die wie beim Hausschwein oder Göttinger Miniaturschwein aus dem kranialen und linken kaudalen Aortensinus entspringen, sind im Gegensatz zum Göttinger Miniaturschwein (MÜHLENBRUCH, 1970) gleich stark.

Jedoch besteht für den linken Sinus aortae ein konusartiger Übergang in die A. coronaria sinistra.

In Übereinstimmung mit den Angaben von MÜHLENBRUCH (1970) für das Göttinger Miniaturschwein zeigt sich auch beim Hanford-Miniaturschwein, daß die Herzachse unterschiedlich steil gestellt sein kann. Daraus ergibt sich auch eine verschieden starke Krümmung im Arcus aortae und folglich auch ein unterschiedlich großer Winkel zwischen Aorta ascendens und Aorta descendens. Bei steiler Herzachse ist auch der Winkel der Aorta ascendens mit der Horizontalebene vergrößert und die Krümmung im Arcus aortae verringert. Da die Brustwirbelsäule dorso-ventrale Bewegungen nur im begrenzten Umfang zuläßt (ZIETZSCHMANN, 1943; NICKEL-SCHUMMER-SEIFERLE, 1968), ist auch Lage und Verlauf der Aorta descendens in diesem Bereich ziemlich konstant. Die Vergrößerungen der Krümmung im Arcus aortae können daher nur Verschiebungen des Herzens nach kranial und damit Steilerstellung der Herzachse in Abhängigkeit vom Zwerchfellstand zur Grundlage haben. Wie bereits ENGELMANN (1971) und MÜHLENBRUCH (1970) nachwiesen, ist der Stand des Zwerchfells vom Füllungszustand des Magens abhängig.

Die Struktur der Aorta des Hanford-Miniaturschweines stimmt in ihren Grundzügen mit dem von BENNINGHOFF (1930) angegebenen Wandbauschema der menschlichen Aorta überein.

Danach besteht die Intima aus einer mehr oder weniger dünnen kollagenen Bindegewebsschicht mit eingelagerten elastischen axial verlaufenden oder zu einem Netz verbundenen Fasern. Der Übergang in die Media ist undeutlich, da eine Lamina elastica interna fehlt. Bei kleineren Säugern, wie zum Beispiel

Kaninchen (SEIFERT, 1963), Ratte (KEECH, 1960, PEASE und PAUL, 1960) und einigen Halbaffen (AHMED, 1968), kann jedoch eine Lamina elastica interna auftreten. Die Media selbst ist die stärkste Aortenwandschicht und besteht aus einer Vielzahl muskuloelastischer Systeme oder "lamellar units" (WOLINSKY et. al., 1967), die miteinander in Verbindung stehen. Im Gegensatz zu den Angaben von HOFMANN (1967) für das Wild- und Hausschwein sind beim Hanford-Miniaturschwein die intimanahen muskuloelastischen Einheiten breiter als jene im adventitianahen Medialdrittel.

Wie auch beim Hausschwein (SEIFERT, 1962; JIPP und SEIFERT, 1962) und beim Wildschwein (HOFMANN, 1967) zeigt die Aorta thoracica des Hanford-Schweines eine Schichtung ihrer elastischen Medialamellen. Zwei äußere Lagen elastischer Fasernetze, deren Einzelfasern in dichter Packung parallel zueinander verlaufen, sind durch eine mittlere kollagene Bindegewebsschicht und einzelne elastische Verbindungsfasern zu einer Lamelle zusammengefaßt. Da die Richtung der Fasern der beiden Außenlagen zueinander entgegengesetzt ist, ergibt sich in Übereinstimmung mit JIPP und SEIFERT (1962) eine Vielzahl spiralg um das Aortenlumen verlaufender Faserstrukturen.

Die Schichtung einer elastischen Lamelle wurde bisher nur für das Hausschwein (SEIFERT, 1962), Wildschwein (HOFMANN, 1967) und den Menschen (JIPP, 1972) beschrieben.

FRENCH et. al. (1963) sowie LAING et. al. (1963) erwähnen in ihren Untersuchungen noch nichts von einer geschichteten Lamelle in der Schweineaorta.

Den interlamellären Raum zwischen je zwei elastischen

Lamellen füllt nach BENNINGHOFF (1930) glatte Muskulatur aus. Diese bildet spiralförmige Touren um das Aortenlumen und weist dabei einen Winkel zur Aortenlängsachse auf, der von BENNINGHOFF (1930) für den Menschen mit 20° - 40° , von SEIFERT (1962) für das Hausschwein mit 60° angegeben wird. Beim Hanford-Miniaturschwein sind diese Winkel vom stark veränderlichen Dehnungszustand sowie von der örtlich unterschiedlichen Muskelkontraktion der Aortenwand abhängig, weshalb hier auf eine Angabe von Winkelgraden verzichtet wurde.

Die Adventitia der Aorta thoracica des Hanford-Miniaturschweines ist wie beim Menschen (BENNINGHOFF, 1930) schwach ausgebildet.

SEIFERT (1962) beschränkt sich bei seiner Darstellung der Aortenstruktur des Schweines nur auf deren Brustteil. Ein Vergleich zwischen der Struktur der Brust- und Bauchaorta wurde bisher (SEIFERT, 1962; JIPP und SEIFERT, 1962; HOFMANN, 1967) für das Hausschwein nicht dargestellt.

Für das Hanford-Miniaturschwein zeigen die Ergebnisse einen deutlichen Unterschied in der Struktur dieser beiden Abschnitte. So steigt die Zahl der elastischen Lamellen, in Übereinstimmung mit den Befunden von HARKNESS et. al. (1953) und BENNINK (1966, im Bereich der Aorta ascendens und des Aortenbogens an, fällt dagegen mit Beginn der Aorta descendens bis zu deren Übergang in den Abdominalabschnitt stetig ab. Von hier ab bleibt die Zahl in relativ engen Grenzen konstant. Dies entspricht den Angaben für andere Säuger, wie Pferd (BAERNER, 1905), Rind (ROSSMÜLLER, 1906), Hund (HARKNESS et. al., 1953), Ratte, Meerschwein, Kaninchen, Hund, Schaf, Ziege und Rind (BENNINK, 1966), sowie für Maus, Katze, Schwein und

Mensch (WOLINSKY und GLAGOV, 1969), Rhesusaffe (LAPIN-YAKOVLEVA, 1963), Pavian (KATZBERG, 1966), Seidenäffchen (PINTO et. al. 1974) und andere Primaten (AHMED, 1968; BERRY et. al., 1973). Nach WOLINSKY und GLAGOV (1969) ergibt sich die abnehmende Zahl der elastischen Lamellen lediglich aus der nach kaudal abnehmenden Wandstärke; die Struktur selbst bleibt im Prinzip unverändert und entspricht auch nach FÖLSTER (1919) beim Hund und HÜRTHLE (1920) beim Menschen einem elastischen Blutgefäß.

Beim Hanford-Miniaturschwein deuten folgende Tatsachen im Bau der Aorta abdominalis auf eine mehr muskuläre Arterie hin: Das plötzliche Auftauchen einer Lamina elastica interna, die verminderte Zahl und Stärke der elastischen Lamellen, die Verbreiterung des interlamellären Raumes mit der deutlicher auftretenden Muskulatur und dem stärkeren Bindegewebe, die sehr dicke Tunica adventitia mit ihren vielen elastischen Fasern und auch die Abwesenheit von Vasa vasorum in der Aortenmedia. Eine ähnliche Veränderung der Struktur findet sich auch nach BÄRNER (1905) beim Pferd und nach ROSSMÜLLER (1906) beim Rind.

HARKNESS et. al. (1953) sehen beim Hund die Aorta thoracica als elastische Gefäßstrecke an. Ein kurzes Gefäßstück im Hiatus aorticus kennzeichnet nach ihren Angaben den Übergang der elastischen Aorta thoracica in die, allen anderen Gefäßen gleichende, mehr "kollagene" Aorta abdominalis. MAYERSBACH (1955) beschreibt beim Menschen einen Übergang vom elastischen in den muskulären Teil peripherer Arterien. Beim Hanford-Miniaturschwein sind diese von MAYERSBACH (1955) angegebenen Merkmale der Gefäßübergangsstrecken in der Aorta in

Höhe ihres Durchtritts durch den Hiatus aorticus nachzuweisen.

Solche Gefäßübergangsstrecken wurden in jüngerer Zeit auch für die Aorta verschiedener Vogelarten beschrieben (BÜSSOW, 1973; BERRY et. al., 1974).

Im Bereich des Hiatus aorticus der menschlichen Aorta finden sich demgegenüber keine Hinweise auf Lamellenschichtung oder auf Übergangsformen (BOUISSOU et. al., 1966).

Wie beim Pferd (BÄRNER, 1905) und Rind (ROSSMÜLLER, 1906) treten auch beim Hanford-Miniaturschwein unterschiedliche Wandstärken an der Aorta auf. Die dünnere Dorsalwand der Aorta descendens im Brustbereich wird für das Pferd von BÄRNER (1905) durch die enge Nachbarschaft zur Wirbelsäule erklärt. Die dickere Ventralwand der Brust-aorta beim Hanford-Schwein, in der auch die muskulo-elastischen Systeme zahlreicher vertreten sind, entspricht der Meinung FISCHER'S (1965), daß konkave Wandkrümmungen von Arterien gleichsam als Anpassung an höhere Belastung eine Wandverstärkung erfahren.

Die morphologische Ähnlichkeit der Schweineaorta mit der menschlichen ist nach SEIFERT (1962) bzw. JIPP (1972) bis in die Struktureinheiten zu verfolgen. Die hier dargestellten Untersuchungsergebnisse zeigen, daß prinzipiell die Aorta des Hanford-Miniaturschweines der Aorta des Schweines und auch des Menschen im Bau entspricht. Hieraus ergibt sich, - auch im Sinne von DAHME (1963) zur Entwicklung arteriosklerotischer Gefäßveränderungen des Schweines im Vergleich zu denen des Menschen - daß das Hanford-Miniaturschwein für derartige Untersuchungen ein geeignetes Versuchstier darstellt.

Zusammenfassung

Die Aorta wurde hinsichtlich ihrer Lage und ihres Baues an 15 Hanford-Miniaturschweinen untersucht.

Die Lage der Aorta und die ihrer Abgänge entspricht im wesentlichen den Verhältnissen beim Hausschwein. Die Ursprünge der Aa. intercostales dorsales sind in Relation zur Wirbelsäule, die beim Hanford-Miniaturschwein im Regelfall 15 Brustwirbel aufweist, ungefähr um eine halbe Wirbellänge weiter kaudal gelegen als beim Hausschwein. Hingegen entspringen die lateralen und ventralen Gefäße der Aorta abdominalis im allgemeinen eine halbe bis eine Wirbellänge weiter kranial.

Der Verlauf der Aorta in Bezug auf die Wirbelsäule wird beschrieben. Während die Aorta descendens einen relativ konstanten Verlauf zeigt, verhalten sich die Aorta ascendens und der Arcus aortae bei den einzelnen Tieren unterschiedlich. Der Steigungswinkel und damit die Krümmung im Arcus aortae ändert sich in Abhängigkeit von der Herzachse.

Die Aorta abdominalis zeigt eine andere Wandstruktur als die Aorta thoracica. Darauf weisen, neben dem Auftreten einer Lamina elastica interna, die Verbreiterung der muskulo-elastischen Systeme in der Tunica media, die starke Dickenzunahme der Tunica adventitia wie auch die Änderung im Feinbau der elastischen Lamelle selbst hin.

Die elastischen Membranen der Aorta thoracica des Hanford-Miniaturschweines zeigen einen deutlichen dreischichtigen Bau. Dies entspricht der Anordnung beim Hausschwein und beim Menschen und steht im Gegensatz zu den üblicherweise mit einschichtigen elastischen Lamellen versehenen Säugeraorten. Je

zwei dieser dreischichtigen Membranen sind mit dazwischen gelegenen glatten Muskelzellen, elastischen und kollagenen Fasern zu einem muskulo-elastischen System zusammengefaßt.

Die elastischen Membranen der Aorta abdominalis bieten das Bild eines einschichtigen, aus dünnen elastischen Fasern bestehenden Netzes.

Zwei dieser einschichtigen Membranen bilden hier mit ein- bis mehrschichtiger Muskellage ein muskulo-elastisches System.

Die im Verlauf der Aorta nach kaudal bis zum Zwerchfelldurchtritt allmählich an Zahl und Stärke abnehmenden elastischen Lamellen bzw. muskulo-elastischen Systeme bleiben im Bereich der Bauchaorta relativ konstant erhalten.

Zwischen den beiden unterschiedlichen Strukturen einerseits der Aorta thoracica und andererseits der Aorta abdominalis besteht im Bereich des Hiatus aorticus eine Übergangsstrecke, deren Feinbau im einzelnen beschrieben wird.

Auf die Veränderung der regelmäßigen Aortenstruktur bei Exenteration im unfixierten Zustand und nachfolgender Fixierung wird hingewiesen.

Summary

In fifteen Hanford-miniature-swines the aorta has been examined in regard of its position and structure.

The position of the aorta and its branches agrees essentially with that of the domestic swine. In relation to the spine the beginning of the intercostal arteries is situated half the length of one vertebra more to the caudal than that of domestic swine. In Hanford-miniature-swine there are usually fifteen thoracic vertebrae. The lateral and ventral branches of the abdominal aorta normally begin a half to one vertebra cranial.

The course of the aorta is described in relation to the spine. The ascending aorta and the arcus aortae show different courses in different animals whereas the descending aorta has a relative constant course.

The angle of ascent of the aorta ascendens and therefore the curvature in the arcus aortae changes corresponding to the differently placed axis of the heart.

The abdominal aorta has another wall structure than the thoracic aorta. This is shown by the existence of an internal elastic lamina, the widening of the musculo-elastic system in the tunica media, the great increasing of the thickness of the tunica adventitia and the change in the microstructure of the elastic lamella itself.

In the Hanford-miniature-swine the elastic membranes of the thoracic aorta show a significant three layer structure. It corresponds with the design of the domestic swine and man and is in contrast to other mammals provided with one layer lamellas.

Always two of three layer membranes are connected with inter-lamellar smooth muscle cells and elastic and collagen fibres to a musculo-elastic system. The elastic membranes of the abdominal aorta are a one layer network of thin elastic fibres. Together with a one or more stratal muscle layer two of these one layer membranes form a musculo-elastic system.

In the course of the aorta in caudal direction up to the diaphragm the elastic lamellas and musculo-elastic systems gradually decrease in number and thickness. In the abdominal aorta they are relatively constant.

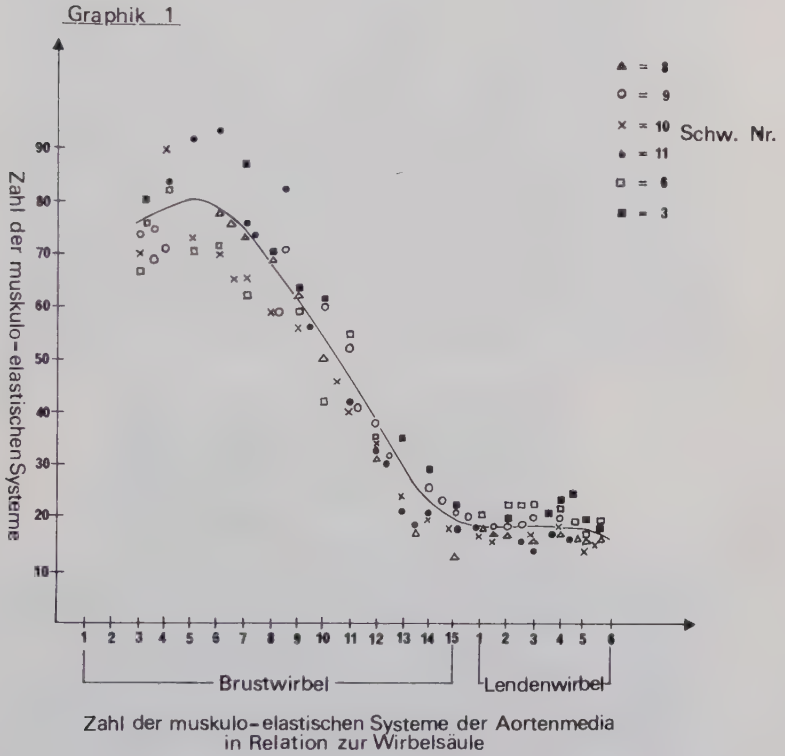
Between these two different structures, the thoracic aorta and the abdominal aorta, there is a transforming passage in the region of the hiatus aorticus, whose microstructure is described.

The change of the regular structure after the exenteration of the unfixed aorta and following fixation is pointed out.

Abbildungen

- Abb. 1 Ursprung eines Interkostalarterienstammes;
Verlaufswinkel größer als Abgangswinkel.
Korrosionspräparat, Tensolciment.
- Abb. 2 Parallel zur Aorta nach kranial verlaufende
Interkostalarterien.
Korrosionspräparat, Tensolciment.
- Abb. 3 Zwei Lumbalarterienstämme mit spitzem Abgangs-
winkel. Korrosionspräparat, Tensolciment
- Abb. 4 Aorta thoracica, gedehnt.
Querschnitt durch alle Wandschichten.
Muskulo-elastische Systeme gestreckt.
- Abb. 5 Aorta thoracica, entspannt.
Querschnitt durch die Tunica intima und das
innere Drittel der Tunica media.
Elastische Lamellen gewellt.
- Abb. 6 Aorta abdominalis, entspannt.
Querschnitt durch alle Wandschichten.
Starke Tunica adventitia mit vereinzelt
Vasa vasorum. Media-lamellen dünn, gewellt.
Stark wellige Lamina elastica interna.
- Abb. 7 Aorta abdominalis, gedehnt.
Querschnitt durch alle Wandschichten.
Media-lamellen gestreckt.
- Abb. 8 Aorta abdominalis.
Tangentialschnitt. Lamina elastica interna:
Netz aus stärkeren elastischen Fasern, rundliche
Maschen.
- Abb. 9 Aorta thoracica.
Tangentialschnitt. Media-lamelle :
Netz aus etwa parallel verlaufenden elastischen
Fasern.
- Abb. 10 Aorta abdominalis.
Tangentialschnitt. Media-lamelle:
Elastisches Netz mit rundlichen Maschen.

Alle histologischen Präparate: Weigerts Elastica
Färbung kombiniert mit der Goldner Färbung.



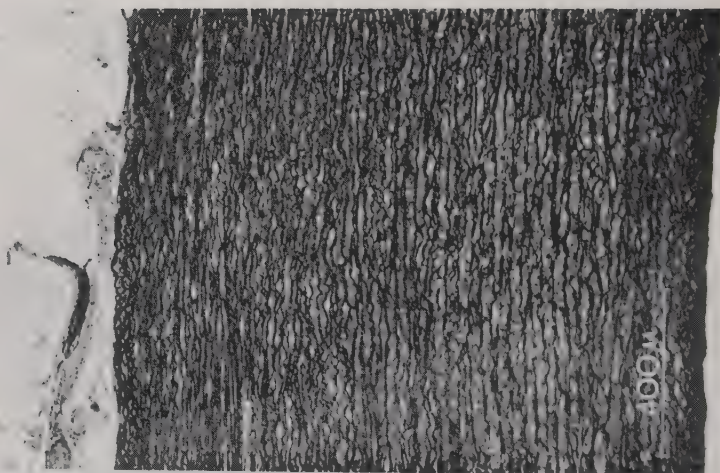


Abb. 4



Abb. 5

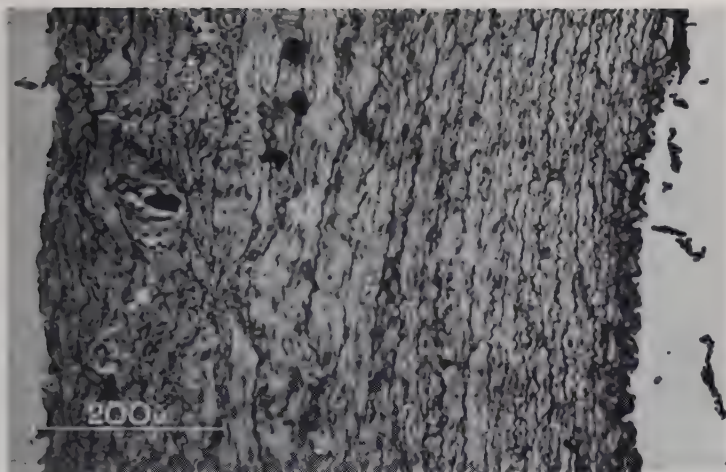


Abb. 6

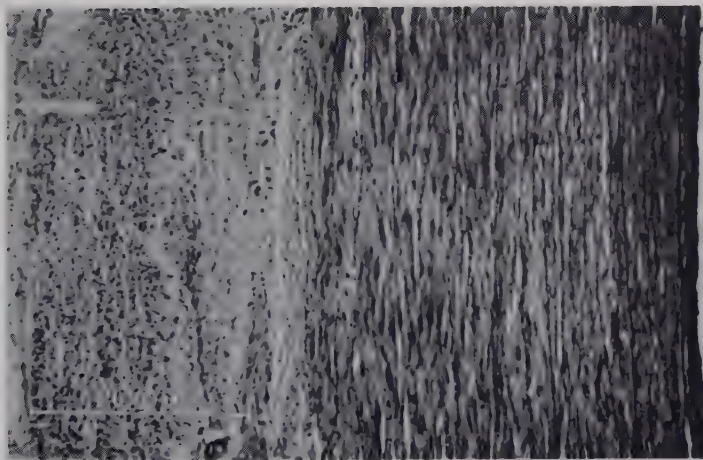


Abb. 7

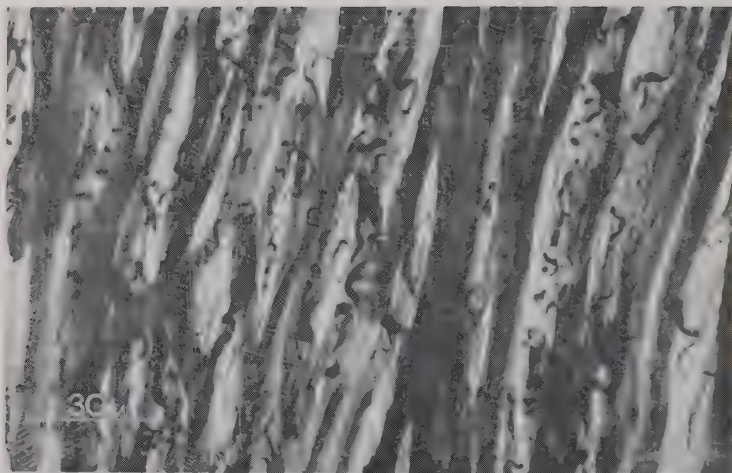


Abb. 9

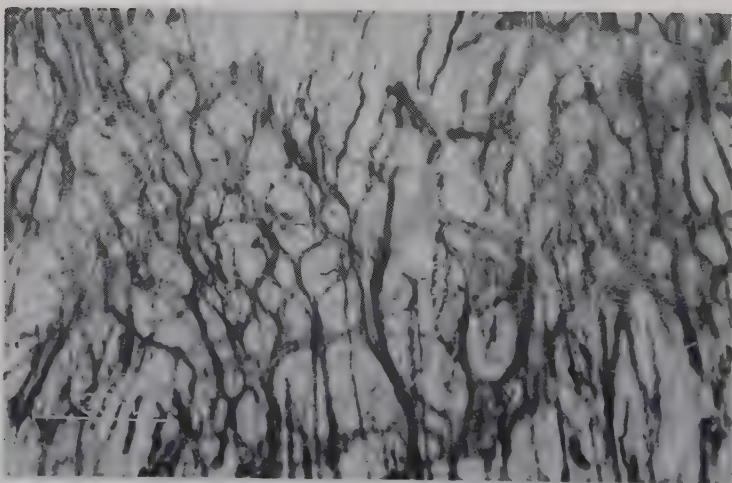


Abb. 10

Literaturverzeichnis

- AHMED, M.M., 1967: Age and sex differences in the structure of the tunica media of the human aorta. Acta Anat. (Basel) 66, 45 - 58.
- AHMED, M.M., 1968: Microscopic anatomy and the attenuation of elastic tissue in the aortic wall of slow loris (Nycticebus coucang coucang). Folia Primat. (Basel) 8, 290 - 300.
- ARGAUD, R., 1908: Recherches sur l'histotopographie des éléments contractiles et conjonctifs des parois artérielles chez mollusques et les vertébrés. J. Anat. et Physiol. 44 et 45.
- AYER, J.P., G.M. HASS und A.E. PHILPOTT, 1958: Aortic elastic tissue; Isolation with the use of formic acid and discussion of some of its properties. AMA Arch.Path. 65, 519 - 544.
- BAERNER, M., 1905: Über den histologischen Bau der Arterien in der Brust- und Bauchhöhle des Pferdes mit besonderer Berücksichtigung der Anpassung dieser Gefäße an die Umgebung etc. Diss. med. vet., Giessen.
- BARGMANN, W., 1967: Histologie und mikroskopische Anatomie des Menschen. 6. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
- BAUER, F.W., 1968: The aortic origin of renal arteries in man and other mammals. Arch. Path. (Chicago) 86, 230 - 233.

- BENNINGHOFF, A., 1927: Über die Beziehung zwischen elastischem Gerüst und glatter Muskulatur in der Arterienwand und ihre funktionelle Bedeutung. Z. Zellforsch. Mikrosk. Anat. 6, 348 - 396.
- BENNINGHOFF, A., 1930: Blutgefäße und Herz. In: Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen, Herausg. von MÖLLENDORFF; Bd. VI, Teil 1, 1 - 225.
- BENNINGHOFF, A. und K. GOERTTLER, 1967: Lehrbuch der Anatomie des Menschen. Bd. II, Makroskopische und mikroskopische Anatomie der Eingeweide. 8. Aufl. Verlag Urban und Schwarzenberg, München, Berlin, Wien.
- BENNINK, G.J., 1966: An investigation into the content of elastic tissue and muscle in the aorta of some big and small mammals. Proc. Kon. Nederl. Akad. Wet. (Biol. Med.) 69, 217 - 222.
- BERRY, C.L. und J. GERMAIN, 1973: Changes in aortic medial elastic structure at different sites in the primates Erythrocebus patas, Macaca irus and Callithrix jacchus. Laboratory animals 7, 279 - 285.
- BERRY, C.L., J. GERMAIN und P. LOVELL, 1974: Comparison of aortic lamellar unit structure in bird and mammals. Atherosclerosis 19, 47 - 59.
- BICKHARDT, K., 1961: Arterien und Venen der Hintergliedmaße des Schweines. Diss. med. vet., Hannover.
- BIERMANN, A., 1953: Blutgefäßversorgung des Zwerchfells beim Schwein. Diss. med. vet., Hannover.

BLOOM, W. und D. FAWCETT, 1968: A textbook of histology.
9.th Ed., W. B. Saunders Company, Philadelphia-London-
Toronto.

BOUISSOU, H., M^{me} SENDRAIL-PRESQUE und M^{lle} R. CASTAGNOL,
1966: Etude histologique de l'aorte normale depuis la
jeunesse jusqu' à la vieillesse. Arch. Mal. du Coeur,
Suppl. 2, Rev. Atheroscler. (Paris) 8, 11 - 22.

BUCHER, O., 1970: Cytologie, Histologie und mikroskopische
Anatomie des Menschen. 7. Aufl., Med. Verlag Hans Huber,
Bern, Stuttgart, Wien.

BUCK, R. C. 1958 a: The fine structure of endothelium of
large arteries. J. Biophys. Biochem. Cytol. 4, 187 - 190.

BUCK, R. C., 1958 b: The fine structure of arterial endo-
thelium. Anat. Rec. 130, 452 - 453.

BÜSSOW, H., 1973: Zur Wandstruktur der großen Arterien der
Vögel. Z. Zellforsch. 142, 263 - 288.

BUNCE, D. F. M., 1965: Structural differences between
distended and collapsed arteries. Angiology 16, 53 - 56.

BUSTAD, L. K. und R. O. McCLELLAN, Herausgeber, 1966 a: Swine
in biomedical research. Proceedings of a symposium at the
Pacific Northwest Laboratory, Richland, Washington,
July 19. - 22., 1965.

BUSTAD, L. K., V. G. HORSTMANN und D.C. ENGLAND, 1966 b:
Development of Hanford-miniatur-swine. In: Swine in bio-
medical research. Von BUSTAD, L.K. und R.O. McCLELLAN,
Herausgeber.

CLARA, M., 1966: Entwicklungsgeschichte des Menschen.

6. Aufl., Edition Leipzig.

DAHME, E., 1963: Die Bedeutung der nichtexperimentellen

Arteriosklerose des Schweines für die vergleichende

Pathologie. Verh. deutsch. Ges. Path. 47, 382 - 387.

ENGELMANN, K., 1971: Beitrag zur Anatomie der Baucheinge-

weide des Göttinger Zwergschweines unter besonderer Be-

rücksichtigung ihrer Blutgefäßversorgung.

Diss. med. vet., München.

FISCHER, H., 1965: Die Struktur der Arterienwand mit be-

sonderer Berücksichtigung der Einwirkung des hydrosta-

tischen Druckes. Angiologica 2, 285 - 313.

FLOREY, H.W., J.C.F. POOLE und G.A. MEEK, 1959: Endothelial

cells and "cement" lines. J. Path. Bact. 77, 625 - 636.

FÖLSTER, W., 1919: Über den mikroskopischen Bau der Blutge-

fäße in der Bauchhöhle des Hundes. Diss. med. vet., Hannover.

FRENCH, J.E., M.A. JENNINGS, J.C.F. POOLE, D.S. ROBINSON und

H. FLOREY, 1963: Intimal changes in the arteries of aging

swine. Proc. Roy. Soc. B. 158, 24 - 42.

FUCHS, R.F., 1898: Die Längsspannung der Aorta. Centralblatt

für Physiologie 12, 465 - 471.

GRAU, H. und P. WALTER, 1967: Grundriß der Histologie und

vergleichenden mikroskopischen Anatomie der Haussäugetiere.

1. Aufl., Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.

- HACKENSELLNER, H.A. und H. DAVID, 1961: Vergleichende elektronenmikroskopischen Untersuchungen am Endothel großer Gefäße. Frankft. Z. Path. 71, 194 - 202.
- HASS, G.M., 1943: Elastic tissue. III. Relations between the structure of the aging aorta and the properties of the isolated aortic elastic tissue. Arch. Path. 35 29 - 45.
- HARKNESS, M.L.R., R.D. HARKNESS und D.A. McDONALD, 1957: The collagen and elastin content of the arterial wall in the dog. Proc. Roy. Soc. (London) B, 146, 541 - 552.
- HEIDSIEK, E., 1928: Zur Skelettopographie der großen Äste der Bauchaorta. Anat. Anz. 66, 6 - 24.
- HOFMANN, R., 1967: Studie über Orthologie und Pathologie der Wildschweinaorta im Rahmen der vergleichenden Arterioskleroseforschung. Diss. med. vet., München.
- HÜRTHLE, K., 1920: Über die Beziehung zwischen Durchmesser und Wandstärke der Arterien nebst Schätzung des Anteils der einzelnen Gewebe am Aufbau der Wand. Pflüger's Archiv 183, 253.
- JIPP, P., 1972: Zur Pathogenese der Arteriosklerose von Aorta und Extremitätenarterien. Ergebnisse der Inneren Medizin und Kinderheilkunde 33, 27 - 67.
- JIPP, P. und K. SEIFERT, 1963: Das Konstruktionsprinzip der Aortenmedia. In: Zwanglose Abhandlungen aus dem Gebiet der normalen und pathologischen Anatomie 13, 77 - 90, Hrsg. W. Bargmann und W. Doerr, Thieme Verlag.

KÄHLER, W., 1960: Arterien der Körperwand des Schweines.

Diss. med. vet., Hannover.

KARRER, H.E., 1960: Electron microscope study of developing chick embryo aorta. J. Ultrastruct. Res. 4, 420 - 454.

KARRER, H.E., 1961: An electron microscope study of the aorta in young and aging mice. J. Ultrastruct. Res. 5, 1 - 27.

KATZBERG, A.A., 1966: The attenuation of elastic tissue in the aorta of the baboon, Papio doguera. Anat. Rec. 154, 213 - 219.

KEECH, M.K., 1960: An electron microscope study of the normal rat aorta. J. Biophys. Biochem. Cytol. 7, 533 - 538.

KOCH, T., 1970: Lehrbuch der Veterinäranatomie. Bd. III. Die großen Versorgungs- und Steuerungssysteme. 2. Aufl. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena.

KRÖLLING, O. und H. GRAU, 1960: Lehrbuch der Histologie und vergleichenden Anatomie der Haustiere. 10. Aufl. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.

LAING, W., H. ROWSEL und F. MUSTARD, 1963: Morphological studies of pigs aorta. Anat. Rec. 145, 251 (Abstract).

LAPIN, D.A. und L.A. YAKOVLEVA, 1963: Comparative pathology in monkeys. Ed. by W.F. Windle and Charles C. Thomas, Springfield, Ill. Non infectious diseases, 132 - 243.

MARTIN, P., 1923: Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Bd. IV, 2. Aufl., Verlag Schickhardt und Ebner, Stuttgart.

MAXIMOW, A.A. und W. BLOOM, 1948: A textbook of histology.

6.th Ed., W.B. Saunders Company, Philadelphia, London.

MAYERSBACH, H., 1956: Der Wandbau der Gefäßübergangsstrecke zwischen Arterien rein elastischen Typs und rein muskulösen Typs. Anat. Anz. 102, 333 - 360.

MEYER, W.W., 1958: Die Lebenswandlungen der Struktur von Arterien und Venen. Verh. dtsch. Ges. Kreisf. Forsch. 24, 15 - 40.

MORELAND, A.F., T.B. CLARKSON und H.B. LOFLAND, 1963: Atherosclerosis in "Miniatur" swine. Arch. Path. 76, 203 - 210.

MÜHLENBRUCH, H.G., 1970: Zum Bau des Herzens des Göttinger Miniaturschweines unter besonderer Berücksichtigung der Herzeigengefäße. Diss. med. vet., München.

NICKEL, R., A. SCHUMMER und E. SEIFERLE, 1968: Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Bd. I, Bewegungsapparat. 3. Aufl. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.

PAECH, C.D., 1964: Die arterielle Blutgefäßversorgung der Bauch- und Beckenhöhle bei Schwein und Schaf. Morph. Jahrb. 105, 514 - 543.

PEASE, D.C. und W.J. PAUL, 1960: Electron microscopy of elastic arteries; the thoracic aorta of the rat. J. Ultrastruct. Res. 3, 469 - 483.

- PINTO, G., T. MARAGLIA und C.S. MOURA, 1974: Histochemical data on the aorta of marmosets (*Callithrix jacchus*, und *Calithrix penicilata*). *Acta Anat.* 89, 49 - 57.
- RANVIER, 1892: zitiert nach BAUM, 1911: Der Zirkulationsapparat. in: Handbuch der vergleichenden mikroskopischen Anatomie der Haustiere Bd. II, Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- RICKERT, J., 1955: Blutgefäßversorgung des Schweineherzens. *Diss. med. vet.*, Hannover.
- ROMEIS, B., 1948: Mikroskopische Technik. 15. Aufl. Verlag R. Oldenbourg, München.
- ROSSMÜLLER, E., 1906: Über den histologischen Bau der Arterien in der Brust- und Bauchhöhle des Rindes. *Diss. med. vet.*, Giessen.
- ROSSNER, J.A., 1961: Beitrag zur Kenntnis der Feinstruktur der Tunica media aortae. *Diss. med.*, Kiel.
- SAJITZ, E., 1973: Beschreibung der zuführenden Hautarterien des Halses, des Rumpfes und der Extremitäten beim Göttinger Miniaturschwein. *Diss. med. vet.*, München.
- SATO, T., 1926: Histologic structure of arterial wall of large and small blood vessels. *Okayama med. J.* 439, 832 - 841. Zit. nach Benninghoff, 1930.
- SCHALLER, O., R.E. HABEL und J. FREWEIN (Herausgeber) 1973: *Nomina Anatomica veterinaria*. Wien, International Committee on Veterinary Anatomical Nomenclature.

SCHWARZE, E., 1941: Von den Nebennieren. Dtsch. tierärztl. Wochenschrift 49/50, 601 - 609.

SCHILTSKY, R., 1966: Arterien der Verdauungsorgane in Bauch- und Beckenhöhle einschließlich Leber, Bauchspeicheldrüse und Milz des Schweines. Diss. med. vet., Hannover.

SEIFERT, K., 1962: Elektronenmikroskopische Untersuchungen der Aorta des Hausschweines. Z. Zellforsch. Mikrosk. Anat. 58, 331 - 368.

SEIFERT, K., 1963: Elektronenmikroskopische Untersuchungen der Aorta des Kaninchens. Z. Zellforsch. Mikrosk. Anat. 60, 293 - 312.

SIEBER, H.F., 1903: Zur vergleichenden Anatomie der Arterien der Bauch- und Beckenhöhle bei den Haussäugetieren. Inaug. Diss., Zürich.

SINAPIUS, D. und W. SCHREIL, 1956: Elektronenoptische Untersuchungen über das Cytoplasma des Aortenendothels. Protoplasma (Wien) 47, 217 - 235.

SMOLLICH, A. und R. BERG, 1959: Beobachtungen über das Verhalten der Äste des Aortenbogens bei Canis familiaris, Felis domestica und Sus scrofa domesticus. Anat. Anz. 107, 309 - 316.

SMOLLICH, A. und R. BERG, 1960: Systematische Untersuchungen über Ursprung und Aufzweigung der Äste des Aortenbogens beim Hausschwein (Sus scrofa domesticus). Mh. für Vet. Med. 15, 489 - 492.

- STEINBRECHER, H., 1942: Nutritives Gefäßsystem der Lunge des Schweines und Verbindung zum Pulmonalisgefäßsystem des Schweines. Diss. med. vet., Hannover.
- STILL, W.J.S. und R.M. O'NEAL, 1962: Electron microscope study of experimental atherosclerosis in the rat. Amer. J. Path. 40, 21 - 36.
- STÖHR, Ph., W. von MÜLLENDORFF und K. GOERTTLER, 1969: Lehrbuch der Histologie und der mikroskopischen Anatomie des Menschen. 30. Aufl., Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- SUSSDORF, M., 1892: Gibt es ein wirkliches Cavum Mediastini? Beitrag zur Anatomie des Mittelfelles der Fleischfresser. Dtsch. Z. Thiermed. u. vergl. Path. 18, 180 - 187.
- WISSDORF, H., 1970: Die Gefäßversorgung der Wirbelsäule und des Rückenmarkes vom Hausschwein (*Sus scrofa domestica* L. 1758). Habil.-Schrift, Beiheft zum Zentralblatt für Veterinärmedizin 12.
- WOLINSKY, H. und S. GLAGOV, 1964: Structural basis for the static mechanical properties of the aortic media. Circ. Res. 14, 400 - 413.
- WOLINSKY, H. und S. GLAGOV, 1967 a: A lamellar unit of aortic medial structure and function in mammals. Circ. Res. 20, 99 - 111.
- WOLINSKY, H. und S. GLAGOV, 1967 b: Nature of species differences in the medial distribution of aortic vasa vasorum in mammals. Circ. Res. 20, 409 - 421.

WOLINSKY, H. und S. GLAGOV, 1968: Comparison of abdominal and thoracic aortic media structure in mammals.

Deviation of man from the usual pattern. Circ. Res. 25, 677 - 686.

ZIETZSCHMANN, O., 1943: Die Arterien. In: Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere, von ELLENBERGER und BAUM. 18. Aufl. Springer Verlag, Berlin.

ZIMMERMANN, A., 1926: Vergleichende anatomische Messungen über den Umfang, den Durchmesser und die Wanddicke einiger Arterienstämme bei Huftieren. Z. Anat. u. Entwicklungsgesch. dl, 778 - 784.

Herrn Professor Dr. B. Vollmerhaus danke ich an dieser Stelle für die Überlassung des Themas und die jederzeit gern gewährte Unterstützung.

In gleicher Weise danke ich allen Mitarbeitern des Lehrstuhls für ihre Hilfeleistung.

Für die Anfertigung der Zeichnungen danke ich der Graphikerin Li Körner.

Lebenslauf

Am 8. März 1947 wurde ich als zweiter Sohn des prakt. Arztes Dr. med. Walter Vogel und seiner Ehefrau Hedwig, geb. Kattaneck, in Celle/Niedersachsen geboren.

Nach dem Besuch der Volksschule Langlingen trat ich 1957 in das Gymnasium Ernestinum ein und legte dort im Februar 1966 die Reifeprüfung ab.

Dem anschließenden drei-semestrigen Studium der Naturwissenschaften an der Universität Kiel folgte mit Beginn des Wintersemesters 1967/68 das Studium der Tiermedizin an der Universität München. Nach dem Abschluß des Studiums durch das Staatsexamen erhielt ich im Frühjahr 1972 die Bestallung zum Tierarzt.

Seit dem 1. Mai 1972 bin ich als Verwalter der Dienstgeschäfte eines wissenschaftlichen Assistenten am jetzigen Lehrstuhl für Makroskopische Anatomie der Tiere des Fachbereiches Tiermedizin der Universität München tätig.

